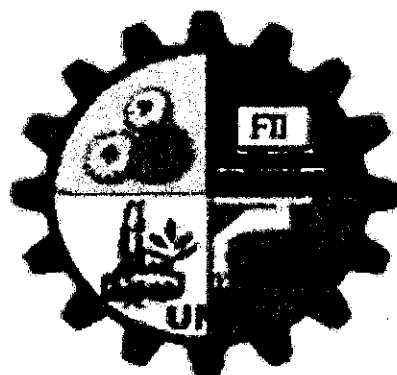


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR (*Syzygium aromaticum*) SOBRE LA CARACTERIZACIÓN Y VIDA ÚTIL DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*) FRESCOS”

Presentada por:

Alberto García Valladolid

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Piura, Perú

2016

HOJA DE REGISTRO DE FIRMAS

Tesis presentada como requisito para optar el título de:

Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias

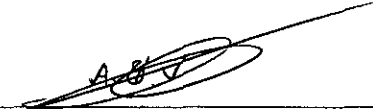
Asesor:



Carmen Zulema Quito Rodríguez

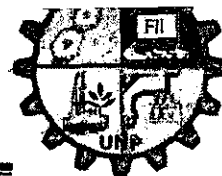
Ing. Industrial

Tesista:



Alberto García Valladolid

Bach. Ing. Agroindustrial e Industrias Alimentarias



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador Ad-Hoc de la Tesis denominada: «**EFFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR (*Syzygium aromaticum*) SOBRE LA CARACTERIZACIÓN Y VIDA ÚTIL DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*) FRESCOS**», presentada por el señor **ALBERTO GARCÍA VALLADOLID**, Bachiller de la Escuela Profesional en Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias; asesorada por la **Ing. Carmen Zulema Quito Rodríguez, MSc.**; reunidos para la sustentación de ésta y luego de escuchar su exposición y las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran:



Con el Calificativo:

APROBADA

BUENO

En consecuencia el sustentante se encuentra apto para recibir el título profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, conforme a Ley.

Piura, 08 de enero de 2016


Dr. JUAN IGNACIO QUISPE NEYRA
PRESIDENTE - JURADO CALIFICADOR


Ing. DANIEL ENRIQUE CRUZ GRANDA, MSc.
VOCAL - JURADO CALIFICADOR

Ing. NELLY LUZ LEYVA POVIS, MSc.
SECRETARIO - JURADO CALIFICADOR

“EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR (*Syzygium aromaticum*) SOBRE LA CARACTERIZACIÓN Y VIDA ÚTIL DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*) FRESCOS”

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y BENEFICIARIOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	7
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1. TOMATE	8
2.1.1. Generalidades	8
2.1.2. Origen y producción	9
2.1.3. Variedades.....	10
2.1.4. Calidad nutricional del tomate.....	11
2.1.5. Caracterización asociada a la calidad de tomates frescos.....	12
2.1.6. Calidad fisico-química del tomate	13
2.1.6.1. Firmeza.....	13
2.1.6.2. Sólidos Solubles Totales.....	14
2.1.6.3. pH.....	14
2.1.6.4. Acidez.....	14
2.1.7. Calidad sensorial del tomate	15
2.1.8. Condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad para el consumo de tomate fresco	16
2.2. ACEITES ESENCIALES.....	17
2.2.1. Generalidades	17
2.2.2. Composición química.....	18
2.2.3. Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales.....	19

2.2.4. Conservación de alimentos con aceites esenciales	21
2.3. CLAVO DE OLOR.....	22
2.3.1. Generalidades	22
2.3.2. Usos.....	23
2.3.3. Origen y producción	24
2.3.4. Composición nutricional del clavo	24
2.3.5. Aceite esencial de clavo	26
2.4. ANTECEDENTES.....	28
2.5. HIPÓTESIS.....	30
2.5.1. Hipótesis General	30
2.5.2. Hipótesis Específicas.....	30
2.5.3. Identificación y Operacionalización de Variables	30
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	32
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.2. TIPO Y TÉCNICAS DE MUESTREO.....	32
3.3. MODELO TEÓRICO.....	33
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.5. MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.5.1. Determinación de parámetros físico-químicos.....	41
3.5.1.1. Peso inicial de las muestras	41
3.5.1.2. Pérdida de peso.....	41
3.5.1.3. Determinación del potencial de hidrógeno pH.....	41
3.5.1.4. Determinación de sólidos solubles (°Brix)	41
3.5.1.5. Determinación de acidez.....	42
3.5.2. Análisis microbiológico.....	42
3.5.2.1. Preparación de la muestras	43
3.5.2.2. Recuento de Aerobios mesófilos	43
3.5.2.3. Recuento de Escherichia coli.....	44
3.5.2.4. Recuento de Salmonella	45
3.5.2.5. Recuento de Mohos y Levaduras.....	45
3.5.3. Análisis sensorial.....	46
3.5.4. Determinación de la vida útil del tomate	46
3.6. USO DE SOFTWARE DE TRATAMIENTO DE DATOS.....	47
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48

4.1. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
4.1.1. Pérdida de peso.....	48
4.1.2. pH.....	50
4.1.3. Sólidos solubles (°Brix).....	51
4.1.4. Acidez	53
4.1.5. Análisis microbiológico.....	54
4.1.5.1. Recuento de aerobios mesófilos.....	55
4.1.5.2. Recuento de mohos y levaduras.....	56
4.1.5.3. Recuento de Escherichia coli y Salmonella	57
4.1.6. Análisis sensorial.....	58
4.1.6.1. Color.....	58
4.1.6.2. Olor	59
4.1.6.3. Sabor	60
4.1.6.4. Textura	61
4.1.6.5. Aceptabilidad.....	62
4.2. DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE TOMATES FRESCOS.....	63
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del tomate	12
Tabla 2. Requisitos microbiológicos para tomate fresco sin ningún tratamiento	16
Tabla 3. Requisitos microbiológicos para tomate semiprocado refrigerado y/o congelado	16
Tabla 4. Aceites esenciales y sus componentes con propiedades antimicrobianas	20
Tabla 5. Composición nutricional de las semillas de clavo por 100 g	25
Tabla 6. Variables independientes del estudio	31
Tabla 7. Variables dependientes del estudio	31
Tabla 8. Concentración de las soluciones de aceite esencial de clavo para cada tratamiento	35
Tabla 9. Tratamiento para muestras de control	36
Tabla 10. Descripción de tratamientos en el diseño experimental	40
Tabla 11. Escala de puntuación para los atributos sensoriales	46
Tabla 12. Vida útil de los tomates frescos para tratamientos almacenados al ambiente.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tomate fresco	8
Figura 2. Botones de clavo	23
Figura 3. Estructura química del eugenol	27
Figura 4. Pérdida de peso del tomate por cada tratamiento	48
Figura 5. Variación de la pérdida de peso a través del tiempo	49
Figura 6. Variación de pH para tratamientos en T° Ambiente	50
Figura 7. Variación de pH para tratamientos en T° de Refrigeración	51
Figura 8. Variación de sólidos solubles (°Brix) para tratamientos en T° Ambiente	52
Figura 9. Variación de sólidos solubles (°Brix) para tratamientos en T° de Refrigeración	52
Figura 10. Variación de acidez (%) para tratamientos en T° Ambiente	53
Figura 11. Variación de acidez (%) para tratamientos en T° de Refrigeración	54
Figura 12. Recuento total de aerobios mesófilos por cada tratamiento	55
Figura 13. Recuento total de mohos y levaduras por cada tratamiento	56
Figura 14. Gráfico de interacciones para el color	58
Figura 15. Gráfico de interacciones para el olor	59
Figura 16. Gráfico de interacciones para el sabor	60
Figura 17. Gráfico de interacciones para la textura	61
Figura 18. Puntuación total de aceptabilidad por cada tratamiento	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Hoja de Catación	74
Anexo B. Datos obtenidos de los análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales.....	75
Análisis Físico-químico	75
Tabla B-1. Pérdida de peso (%) en función del tiempo con réplicas para todos los tratamientos	75
Tabla B-2. Pérdida de peso (%) promedio en función del tiempo para todos los tratamientos	75
Tabla B-3. Valores de pH para todos los tratamientos con réplicas obtenidos durante el almacenamiento	76
Tabla B-4. Valores promedio de pH para todos los tratamientos	76
Tabla B-5. Solidos solubles (°Brix) para todos los tratamientos con réplicas obtenidos durante el almacenamiento	77
Tabla B-6. Solidos solubles (°Brix) promedio para todos los tratamientos	77
Tabla B-7. % Acidez para todos los tratamientos con réplicas obtenidos durante el almacenamiento	78
Tabla B-8. % Acidez promedio para todos los tratamientos.....	78
Análisis Microbiológico.....	79
Tabla B-9. Recuentos microbiológicos de aerobios mesófilos, E. coli, Salmonella, mohos y levaduras (ufc/g)	79
Análisis Sensorial	79
Tabla B-10. Resultados del análisis sensorial para el atributo Color	79
Tabla B-11. Resultados del análisis sensorial para el atributo Olor.....	80
Tabla B-12. Resultados del análisis sensorial para el atributo Sabor.....	80
Tabla B-13. Resultados del análisis sensorial para el atributo Textura.....	81
Tabla B-14. Resultados del análisis sensorial para la Aceptabilidad	81
Anexo C. Análisis de Varianza de los datos experimentales físico-químicos y sensoriales	82
ANOVA Análisis Físico-químico	82
Tabla C-1. Análisis de Varianza para Pérdida de Peso (%) - Suma de Cuadrados Tipo III	82
Tabla C-2. Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de Peso (%) por Método de conservación....	82
Tabla C-3. Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de Peso (%) por Aceite esencial de clavo	82
Tabla C-4. Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de Peso (%) por Tiempo de almacenamiento (días)	82
Tabla C-5. Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III	83
Tabla C-6. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Método de Conservación	83
Tabla C-7. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Aceite Esencial de Clavo.....	83
Tabla C-8. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Tiempo de almacenamiento (días).....	83
Tabla C-9. Análisis de Varianza para °Brix - Suma de Cuadrados Tipo III	84

Tabla C-10. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Método de conservación	84
Tabla C-11. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Aceite esencial de clavo.....	84
Tabla C-12. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Tiempo de almacenamiento (días)	84
Tabla C-13. Análisis de Varianza para % Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III.....	85
Tabla C-14. Pruebas de Múltiple Rangos para % Acidez por Método de conservación	85
Tabla C-15. Pruebas de Múltiple Rangos para % Acidez por Aceite esencial de clavo.....	85
Tabla C-16. Pruebas de Múltiple Rangos para % Acidez por Tiempo de almacenamiento (días) ...	85
ANOVA Análisis Sensorial	86
Tabla C-17. Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III	86
Tabla C-18. Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tratamiento	86
Tabla C-19. Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Método de conservación.....	86
Tabla C-20. Análisis de Varianza para Olor - Suma de Cuadrados Tipo III	87
Tabla C-21. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Tratamiento.....	87
Tabla C-22. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Método de conservación	87
Tabla C-23. Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III	88
Tabla C-24. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Tratamiento.....	88
Tabla C-25. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Método de conservación	88
TablaC-26. Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III	89
Tabla C-27. Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Tratamiento.....	89
Tabla C-28. Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Método de conservación	89
Tabla C-29. Análisis de Varianza para Aceptabilidad - Suma de Cuadrados Tipo III	90
Tabla C-30. Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad por Tratamiento.....	90
Tabla C-31. Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad por Método de Conservación.....	90
Anexo D. Fotografías	91
Fotografía D-1. Lavado de las muestras	91
Fotografía D-2. Desinfección de las muestras	91
Fotografía D-3. Presentación del aceite esencial de clavo	92
Fotografía D-4. Aceite esencial de clavo y alcohol	92
Fotografía D-5. Medición del volumen de aceite esencial a usar	93
Fotografía D-6. Soluciones antimicrobianas de aceite esencial de clavo.....	93
Fotografía D-7. Aplicación de los tratamientos antimicrobianos a los tomates	94
Fotografía D-8. Almacenamiento de las muestras al ambiente.....	94
Fotografía D-9. Almacenamiento de las muestras en refrigeración	95
Fotografía D-10. Jugo de tomate listo para la medición de pH, °Brix y acidez	95
Fotografía D-11. Tonalidad de los tomates en refrigeración y al ambiente	96
Fotografía D-12. Preparación de las muestras para el análisis microbiológico.....	96

Fotografía D-13. Contaminación por aerobios mesófilos en muestra T ₃ A	97
Fotografía D-14. Tubos con caldo lauril sulfato para la detección de E. coli	97
Fotografía D-15. Preenriquecimiento de la muestra en caldo casoy para la detección de Salmonella	98
Fotografía D-16. Tubos con caldo rappaaport	98
Fotografía D-17. Aplicación del análisis sensorial	99
Fotografía D-18. Llenado de la hoja de catación	99
Fotografía D-19. Presencia de contaminación en muestras T ₃ A	100

RESUMEN

“EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR (*Syzygium aromaticum*) SOBRE LA CARACTERIZACIÓN Y VIDA ÚTIL DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*) FRESCOS”

Alberto García Valladolid

En la presente investigación se estudia el efecto del aceite esencial de clavo de olor sobre la caracterización y vida útil de tomates frescos; el proyecto se ejecutó de manera cuantitativa a razón de la medición controlada en la obtención de datos experimentales que permitieron establecer el tiempo de vida útil del tomate fresco tratado con aceite esencial de clavo, mediante el estudio físico-químico (pérdida de peso, pH, °Brix y acidez), sensorial (color, olor, sabor, textura y aceptabilidad) y microbiológico (recuentos de aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras). El tratamiento se realizó sumergiendo las muestras de tomate en soluciones de aceite esencial de clavo a las concentraciones de 0.15%, 0.10% y 0.05%, luego fueron almacenadas en dos grupos, uno al ambiente y el otro en refrigeración, es así como se obtuvieron seis distintos tratamientos, además se tomó en cuenta un tratamiento control para cada grupo de almacenamiento. Al transcurrir diez días los valores de los recuentos microbiológicos en todos los tratamientos presentaron calidad microbiológica aceptable. Para el caso de los análisis físico-químicos de las muestras de tomate, tanto en los tratamientos almacenados al ambiente y en refrigeración se obtienen resultados similares o sin diferencia significativa entre ellos, lo que implica que todos retardan la maduración normal del fruto. Los valores de pH, sólidos solubles y acidez de los tomates al final de la experiencia se encuentran dentro de rangos relacionados con un aroma y sabor óptimos de acuerdo a otros estudios. Respecto a la pérdida de peso, la temperatura de refrigeración evita mayores pérdidas de agua, pero en los tomates no es recomendable este medio de conservación dado que afecta sus características organolépticas tal como se apreció en el análisis sensorial. El color del tomate se ve afectado por el método de conservación, tal es así que las muestras almacenadas al ambiente presentaron una mejor tonalidad del rojo que las que estuvieron en refrigeración. En cuanto al olor y sabor los tomates tratados con aceite esencial de clavo presentaron aromas agradables y buen gusto cuando son almacenados al ambiente, por otro lado la textura se ve afectada cuando las muestras se almacenan en refrigeración debido a

que el frío rompe las membranas de la fruta y lo hace más harinoso. De acuerdo a los resultados de todos los análisis realizados se identificó que el tratamiento adecuado para extender la vida útil de los tomates es el T₁A en el cual se logra conservar los tomates frescos por 10 días, es decir, los tomates tratados con la solución antimicrobiana de aceite esencial de clavo al 0.15% y almacenados al ambiente cumplen con lo requerido en cuanto a características bioquímicas, alargamiento de la maduración, calidad microbiológica y son aceptados por el consumidor; por otro lado, el menor tiempo de vida útil es para los tomates sometidos al tratamiento T₃A, de lo cual se infiere que la solución de aceite esencial de clavo al 0.05% no tiene el poder suficiente para inhibir el crecimiento microbiano.

Finalizada la experiencia se confirma que el aceite esencial de clavo de olor posee propiedades conservantes y antimicrobianas que permiten mantener las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad de los tomates frescos y contribuyen al incremento de la vida útil del producto, aunque el poder antimicrobiano de esta sustancia depende de la concentración de la solución.

Palabras clave: aceite esencial, clavo, antimicrobiano, vida útil.

ABSTRACT

In this investigation we study the effect of clove essential oil on the characterization and shelf life of fresh tomatoes, the project was implemented quantitatively from the controlled measurement in the experimental data obtaining, this allowed to establish the shelf life of fresh tomato Treated with clove essential oil, through physico-chemical study (weight loss , pH, ° Brix and acidity) , sensory (color, smell, flavor, texture and acceptability) and microbiological (aerobic mesophilic counts, *Escherichia coli*, *Salmonella*, molds and yeasts). The treatment was performed by immersing tomato samples on clove essential oil solutions at concentrations of 0.15 %, 0.10% and 0.05 %, after these were stored in two groups, one of this at ambient temperature and the other in refrigeration, thereby were obtained six different treatment, also was consider a control treatment for each storage group. To elapse ten days the microbiological re-counts values in all the treatments had acceptable microbiological quality. For the case of the Physico-chemical analysis on the tomato samples in both treatments stored at ambient and refrigeration, are obtained similar or no significant difference between them results, it implying that all retard the normal fruit ripening. The values of pH, soluble solids and acidity of the tomatoes at the end of the experience are within ranges associated with an optimal aroma and flavor according to other studies. With regard weight loss, the refrigeration temperatura avoid further losses of wáter, but in the tomatoes is not recomendable this method of preservation because afeccts their organoleptic characteristics such was seen in the sensory analysis, the color of the tomatoe was affect by the method of preservation, resulting the stored samples at ambient with better red tonality that the ones which were at refrigeración. About the color and flavor of the tomatoes treaties with clove essential oil presented pleasant aromas and good taste when they are stored at ambient, by other side the texture is affected when the samples are stored in refrigeration because the cold break the membranes of the fruit and makes it more floury. Acoording to the results of all analyzes performed was identified that the appropriate treatment to extend the shelf life of tomatoes is T1A which achieves keep the fresh tomatoes for 10 days. Therefore the tomatoes treatments with clove essential oil antimicrobial solution 0.05% hasn't enough power to inhibit microbial growth.

Finished the experience is confirmed that the clove essential oil has, preservative and microbial properties, they allows keep in the microbiological conditions of sanitary quality and safety of the fresh tomatoes, thats contribute to increase the shelf life of the product, although the antimicrobial power of this substance depends of the concentration solution.

Keywords: essential oil, clove, antimicrobial, shelf life.

INTRODUCCIÓN

Los efectos antimicrobianos de diferentes tipos de hierbas y especias han sido conocidos y utilizados hace mucho tiempo para aumentar la vida útil de los alimentos. Por lo tanto, los aceites esenciales y sus componentes, que se utilizan actualmente como aromas alimentarios, también se sabe que poseen actividad antimicrobiana, por lo que podrían ser utilizados como conservantes de alimentos, y especialmente desde su mayoría son clasificados como GRAS (Generalmente reconocido como seguro), o aprobados como aditivos alimentarios por la FDA (Administración de Alimentos y Drogas). Por tanto, no necesitan permiso para su uso en los alimentos, sin embargo, son necesarios estudios preliminares para entender mejor su actividad antimicrobiana. (Caillet & Lacroix, 2007)

Diversos estudios han sido realizados para probar el efecto antimicrobiano *in vitro* de diferentes aceites esenciales provenientes de fuentes naturales; lo que ha generado un gran interés en las industrias alimentarias por el empleo de estas sustancias para la conservación de alimentos. Aunque el tema aún es materia de investigación, dichas sustancias vienen siendo empleadas en reemplazo de los conservantes químicos y artificiales para extender el tiempo de vida útil en gran cantidad de productos.

Como menciona Mazzafera (2003), el aceite esencial de clavo es un compuesto fenólico, resultante de la destilación de las hojas, semillas y tallos de la planta de clavo (*Syzygium aromaticum*). Su principio activo es el eugenol, presente en concentraciones que oscilan entre 70 y 95% de la composición total del aceite. El aceite esencial, recién destilado es de color transparente, pero por acción de la luz y oxígeno adquiere un color amarillo claro. Además de ser una especia aromática, el clavo tiene propiedades medicinales con aplicaciones en la industria de los alimentos y se han detectado propiedades plaguicidas. (Anderson & Martínez, 2009)

Del tomate se sabe que es una hortaliza de gran consumo en el mundo por su valor nutritivo y por el beneficio que aporta a la salud del consumidor. Sin embargo este producto es vulnerable al ataque de los microorganismos los cuales pueden ocasionar problemas que se traducen en la pérdida de la calidad y vida útil. De allí surge el motivo para buscar algún método de conservación para este producto.

En la presente investigación se pretende evaluar el efecto del aceite esencial de clavo de olor sobre la caracterización y vida útil de tomates frescos con el propósito de comprobar si las propiedades antimicrobianas de esta sustancia favorecen el tiempo de conservación del producto, además de verificar si posee efectos significativos sobre sus características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas.

Actualmente, ha surgido la necesidad de buscar compuestos naturales como alternativa para la conservación de alimentos; esto debido a que las sustancias químicas que se han venido empleando han sido asociadas a intoxicaciones y al origen de enfermedades. El consumidor cada vez más exigente, demanda productos frescos mínimamente tratados, es así, como se ha incrementado el interés por el uso de agentes antimicrobianos de origen natural para controlar poblaciones microbianas en alimentos. El principal objetivo del tratamiento mínimo en alimentos es ofrecer bienestar al consumidor por medio de alimentos seguros y nutritivos, que conserven en buenas condiciones sus características organolépticas.

CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El tomate es una de las hortalizas más consumidas en el mundo; producto indispensable en la cocina ya sea crudo, frito, cocido, en salsa o en zumo. Es un alimento nutritivo y refrescante que por su agradable sabor se incluye en la mayoría de las dietas alimenticias. El beneficio de esta sencilla hortaliza en la salud puede ser muy superior a cualquier fármaco, y es que hasta la fecha, ningún medicamento ha conseguido tener tantas propiedades terapéuticas como ha revelado poseer el tomate, puesto que por sí solo previene el cáncer y el infarto, además de combatir muchas otras enfermedades. (Troxler, 2007)

El consumo de tomate ofrece muchas bondades, sin embargo este vegetal no está ajeno al ataque de los microorganismos, por lo que puede enfermarse fácilmente, produciéndose así la putrefacción del pedúnculo, encogimiento y manchas en la piel, pudrición acuosa y podredumbre mohosa. Estos problemas reducen la calidad y vida útil del producto, y pueden perjudicar tanto a productores como a consumidores.

Prácticas postcosecha como la selección, clasificación, lavado, desinfección y almacenamiento en temperatura de refrigeración son aplicadas a gran cantidad de frutas y hortalizas para extender sus vidas útiles y asegurar su calidad e inocuidad minimizando la contaminación de microorganismos patógenos que pueden afectar la salud del consumidor. Hoy en día, los consumidores de todo el mundo demandan alimentos de alta calidad que estén poco involucrados con sustancias químicas o artificiales usadas como agentes desinfectantes, conservantes, estabilizantes, etc., lo que ha conducido a un mayor esfuerzo en el descubrimiento de nuevos antimicrobianos naturales como alternativa eficiente para la conservación de alimentos.

En consecuencia, se vienen investigando los efectos antimicrobianos de los aceites esenciales naturales en diversos sistemas alimentarios, el objetivo es la sustitución parcial o total de aditivos químicos antimicrobianos.

Un estudio llevado a cabo con aceite esencial de menta (5-20 $\mu\text{L/g}$) demostró ser efectivo contra *Salmonella enteritidis* en ensalada de pepino con yogur bajo en grasa (Tassou *et al.*, 1995; citado por Hernández P. , 2011). Mediante la utilización de aceites esenciales se ha conseguido la reducción de la carga microbiana de frutas. Carvacrol y cinamaldehído [componentes mayoritarios del orégano y la canela respectivamente], se han utilizado para controlar la carga microbiana en kiwi y melón. Para ello, la fruta se sumergió en soluciones de 0,15-0,75 $\mu\text{L/mL}$ de ambos compuestos, siendo el tratamiento menos efectivo en melón, posiblemente debido a la diferencia de pH entre ambas frutas, siendo más ácido en el kiwi que en el melón. (Roller y Seedhar, 2002; citado por Hernández P. , 2011)

Las especias son una alternativa prometedora para la seguridad alimentaria. La actividad inhibidora de especias y derivados en el crecimiento de bacterias, levaduras, hongos y la síntesis de toxinas microbianas ha sido bien informada, por lo que podrían ser utilizadas en la conservación de alimentos como compuestos antimicrobianos principales o como adyuvantes con el fin de asegurar la producción de alimentos microbiológicamente estables. (Leite *et al.*, 2005)

Una especia muy utilizada en el campo de la conservación de alimentos es el clavo de olor, cuyo aceite esencial es un compuesto fenólico, resultante de la destilación de las hojas, semillas y tallos de la planta de clavo (*Syzygium aromaticum*). Su principio activo es el eugenol, presente en concentraciones que oscilan entre 70 y 95% de la composición total del aceite. (Mazzafera, 2003). El aceite esencial, recién destilado es de color transparente, pero por acción de la luz y oxígeno adquiere un color amarillo claro. Además de ser una especia aromática, el clavo tiene propiedades medicinales con aplicaciones en la industria de los alimentos y se han detectado propiedades plaguicidas. (Anderson & Martínez, 2009)

Las propiedades antimicrobianas que posee el aceite esencial de clavo deben ser evaluadas en el tratamiento postcosecha del tomate para verificar su efecto sobre el tiempo de conservación del alimento con sus características físico-químicas, organolépticas y microbianas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto tiene el aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) sobre la caracterización y vida útil de tomates frescos (*Solanum lycopersicum*)?

1.3. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y BENEFICIARIOS DE LA INVESTIGACIÓN

El Perú es un gran productor de hortalizas cuyas cosechas se dan durante todo el año. El tomate es uno de los productos que más se consume en todo el mundo, esto debido a la creciente tendencia en el consumo de frutas y hortalizas frescas que actualmente son incluidas en las dietas alimentarias para llevar una vida saludable; también cabe destacar que el consumidor actual demanda de productos frescos mínimamente tratados que aseguren un consumo seguro y que mantengan sus características iniciales de color, sabor, textura y valor nutritivo.

El tomate es un producto muy comercial en el ámbito nacional, tiene una pulpa muy jugosa, dulce y poco ácida en sabor, por lo que también es atacado por diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos) siendo estos la principal causa del deterioro de los alimentos. El problema de deterioro microbiano afecta con implicancias económicas a productores y distribuidores que pueden llegar a perder grandes volúmenes de cosecha, por tal razón es necesario reducir las pérdidas postcosecha mediante la aplicación de tecnologías adecuadas que garanticen la prolongación de la vida útil y la conservación de la calidad del producto. El empleo de aceites esenciales es una tecnología natural que actualmente se presenta como alternativa para el reemplazo de sustancias químicas de las que se dice que causan efectos perjudiciales en la salud; dicho esto, se viene estudiando el efecto de los aceites esenciales aplicados a los alimentos con el fin de aportar un gran avance en el uso de sustancias naturales para la comercialización y conservación de la calidad de los productos alimenticios.

El aceite esencial de clavo de olor considerado como un potente antimicrobiano ha sido aprobado por la FDA (Administración de Alimentos y Drogas) como aditivo alimentario y figura en la lista de sustancias GRAS (Generalmente reconocidas como seguras), por lo que una solución de este compuesto puede ser usado para tratar tomates frescos con el objetivo de prolongar su vida útil y mantener los atributos de calidad, además de proporcionar bienestar al consumidor por medio de un producto seguro.

Con la realización de la presente investigación se pretende dar énfasis en el uso de aceite esencial de clavo de olor como agente antimicrobiano natural para la conservación de los alimentos.

La combinación del aceite esencial de clavo de olor junto con otras barreras antimicrobianas podría mejorar la estabilidad y seguridad microbiana en el almacenamiento de alimentos, de allí parte la necesidad de realizar estudios preliminares para entender mejor el efecto de dicha sustancia utilizada en sistemas alimentarios.

El empleo de esta novedosa tecnología puede reflejar una oportunidad de negocio para los empresarios de alimentos en nuestro país, beneficiando de este modo a los productores que podrían ofertar todas sus cosechas, comercializadores que tienen la oportunidad de aumentar su capacidad competitiva al ofrecer sus productos en distintos puntos nacionales y en buenas condiciones, y finalmente a los consumidores al obtener productos sanos e inocuos cuyo consumo seguro está garantizado. Las industrias alimentarias también se ven favorecidas con el uso de esta tecnología natural, de modo que ofrezcan productos que cubran las necesidades y expectativas actuales del consumidor al brindarle un producto de buena calidad, dando como resultado una buena imagen de sus productos y la posibilidad de negociar con distintos mercados internacionales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- ✓ Evaluar el efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) sobre la caracterización y vida útil de tomates (*Solanum lycopersicum*) frescos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar los parámetros físico-químicos, microbiológicos y la vida útil del tomate fresco tras la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en diferentes concentraciones y bajo distintos métodos de conservación.
- ✓ Analizar los parámetros sensoriales del tomate mediante la aplicación de cataciones con jueces semi-entrenados.
- ✓ Proponer el tratamiento postcosecha más adecuado para el mantenimiento de la calidad, el incremento de la vida útil, y la aceptabilidad sensorial del tomate fresco.

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. TOMATE

2.1.1. Generalidades

El tomate (Figura 1) es un fruto carnosos que procede de un carpelo único o del gineceo sincárpico de una flor sencilla; se considera en términos botánicos como una baya, puesto que posee una piel fina que rodea una carne jugosa, en cuyo interior se encuentran muchas semillas. (Cantwell, 2004)

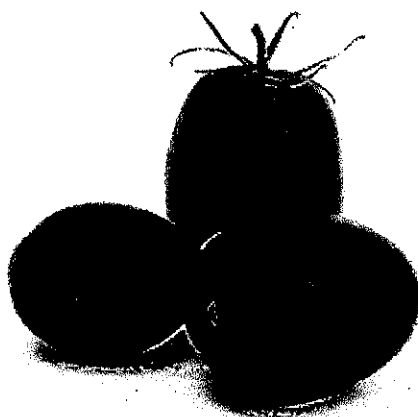


Figura 1. Tomate fresco

Fuente: Brouwer, (2006).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas (*Solanaceae*), siendo uno de los frutos tipo baya más estudiados. Esto se debe a su importancia nutricional y económica puesto que es una de las especies hortícolas más cultivadas a nivel mundial, gracias a su gran adaptabilidad, variabilidad, características organolépticas y usos. (Pesantez, 2010)

El tomate es un producto básico considerado saludable por su bajo contenido en kilocalorías y grasa y su contenido en fibra, proteínas, vitaminas E, A, C, y potasio, y es utilizado en todo el mundo en diferentes presentaciones, ya sea crudo formando parte de ensaladas, como ingrediente en salsas, caldos y guisos o procesado en forma de salsas, purés, jugos o pasta. (Cruz, Gonzales, & Sánchez, 2012)

Por lo general el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica, que se obtiene cuando el fruto ha alcanzado por completo su color, pero antes de un ablandamiento excesivo; esta característica externa es muy importante en la determinación del punto de maduración y de la vida postcosecha, además de ser un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores. La mayoría de estos frutos tienen un color rojo en la maduración, aunque algunas variedades pueden presentar otras coloraciones como amarillo, naranja o verde. (Reina, 2008)

Taxonomía del tomate

Según Cantwell (2004), el tomate presenta la siguiente taxonomía:

- ✓ Familia: Solanaceae
- ✓ Género: Solanum
- ✓ Subgénero: Potatoe
- ✓ Especie: Solanum lycopersicum

2.1.2. Origen y producción

Durante muchos siglos, el tomate ha recorrido grandes distancias convirtiéndose en la fruta más popular en todo el continente americano. Es originario de los Andes del Perú, donde apareció silvestre con una fruta redonda de color rojo. Gradualmente se esparció a lo largo de Suramérica desde donde continuó su viaje hasta América Central. Allí, ya hace miles de años, lo llamaron “xitomatl” en el lenguaje Nahuatl, que era el idioma que hablaba la nación azteca; fue allí adonde fue cosechado, cultivado y mejorado, produciendo una mayor diversidad de frutos. (Brouwer, 2006)

En la actualidad, el tomate es la hortaliza de mayor consumo en el mundo, ya que su producción total al año alcanza los 130 millones de toneladas. La demanda ha ido aumentando significativamente por el creciente reconocimiento de su valor nutritivo, representado por el licopeno, entre otros. (Numata & Keishiro, 2012)

El cultivo de tomate ocupó 4.8 millones de hectáreas a nivel mundial con una producción de aproximadamente 161 millones de toneladas durante el año 2012. (Calero, 2014)

En el Perú, en el año 2007, la producción nacional de tomates, alcanzó las 173 300 toneladas, siendo Ica el mayor productor (51.1%), seguida de Lima (19.5%), Arequipa (7.0%) y La Libertad (4.7%); en conjunto concentraron el 82.3% de la producción nacional.¹ Para el año 2013, la producción nacional de tomates fue de 253 588 toneladas con una superficie cosechada de 5 777 hectáreas.² Y para enero del 2014, el volumen producido de tomate, comparándolo con el año 2007, creció en 17.41% por la mayor superficie cosechada y rendimiento obtenido por hectárea, este comportamiento se reflejó en los departamentos de Ica, Arequipa, Lambayeque, Tacna y La Libertad, que en su conjunto aportaron 86,9% a la producción nacional.³

2.1.3. Variedades

El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa. Hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior (sabor, textura, dureza), variedades destinadas para el consumo en fresco o para procesado industrial, habiendo dentro de cada grupo muchas especializaciones, que variarán según las preferencias de cada región. (Hernández J. , 2013)

Numata & Keishiro (2012), mencionan algunas variedades de interés en el Perú.

✓ Redondo: Esta variedad ofrece frutos con forma redonda, de color rojo, de piel fina y muy carnosa. Llegan a tener un peso entre 120 a 200 gramos aproximadamente, de excelente vida post cosecha.

✓ Cherry: Variedad que produce gran cantidad de frutos pequeños, del tamaño de una cereza, diámetro menor a 40 mm. Tiene un sabor ligeramente dulce, aportado

¹ Perú 21, 2015. En: <http://peru21.pe/noticia/230087/exportaciones-tomate-peruano-crecieron-518-2008>

² Minagri, 2015. En: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult

³ Inei, 2015. En: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-produccion-nacional-ene-2014.pdf>

mayoritariamente por la sacarosa y esta característica lo hace uno de los más apetecibles al consumidor. Pesan entre 10 a 20 gramos aproximadamente.

✓ Alargado: Son tomates sembrados en invernaderos como en campo abierto, frutos de forma alargada, llegan a tener un peso entre 120 a 150 gramos aproximadamente, de excelente vida post cosecha.

2.1.4. Calidad nutricional del tomate

Los tomates y los alimentos a base de tomate son considerados alimentos saludables por diversas razones, entre las cuales tenemos que presentan bajo contenido calórico y grasa, están libres de colesterol y son una buena fuente de fibra y proteínas. El color rojo profundo característico de los tomates sirve como parámetro de la calidad total de la fruta. Los tomates y sus productos derivados son las mayores fuentes de licopeno y son considerados importantes contribuidores de carotenoides en la dieta humana. El licopeno, carotenoide responsable del color rojo de los tomates, ha atraído la atención debido a sus propiedades biológicas y fisicoquímicas en la prevención de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, e hipertensión, entre otras, en las cuales el estrés oxidativo es un importante factor etiológico. Los antioxidantes, incluyendo al licopeno, interactúan con las especies reactivas del oxígeno, pudiendo mitigar el efecto dañino y jugar un papel significativo en la prevención de dichas enfermedades. (Waliszewski & Blasco, 2009)

El tomate contiene también una serie de nutrientes tradicionales que ayudan a mantener saludable el organismo. Por ejemplo, contiene altas cantidades de vitamina C y vitamina A, dos vitaminas antioxidantes. Es una buena fuente de potasio, niacina, vitamina B6 y de folate. Las dietas ricas en potasio disminuyen la presión alta y el riesgo de ataques al corazón. La niacina se ha utilizado por años para disminuir el colesterol malo. La vitamina B6 y el folate son ambas necesarias para convertir una sustancia química potencialmente peligrosa llamado homocisteína en moléculas benignas. El folate que se encuentra en los tomates puede disminuir el riesgo de cáncer al colon. Además, el tomate es una rica fuente de riboflavina la cual disminuye la frecuencia de los ataques de migraña. (Troxler, 2007)

En la Tabla 1, que se muestra a continuación, se describe la composición del tomate:

Tabla 1. Composición del tomate

Tomate (Composición en 100 g de alimento)	
Energía (kcal)	19
Energía (kJ)	79
Agua (g)	94.2
Proteínas (g)	0.8
Grasa total (g)	0.2
Carbohidratos totales (g)	4.3
Carbohidratos disponibles (g)	3.1
Fibra cruda (g)	0.8
Fibra dietaria (g)	1.2
Cenizas (g)	0.5
Calcio (mg)	7
Fósforo (mg)	20
Zinc (mg)	0.17
Hierro (mg)	0.60
β caroteno equivalentes totales (μg)	No reportado
Retinol (μg)	37.0
Vitamina A equivalentes totales (μg)	42.0
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.62
Vitamina C (mg)	18.4
Ácido ascórbico total (mg)	No reportado

Fuente: Reyes, Sánchez, Espinoza, Bravo, & Ganoza, (2009).

2.1.5. Caracterización asociada a la calidad de tomates frescos

La calidad de los alimentos es el conjunto de cualidades que hacen aceptables los alimentos a los consumidores. Estas cualidades incluyen tanto las percibidas por los sentidos (cualidades sensoriales): sabor, olor, color, textura, forma y apariencia, tanto como las higiénicas y químicas. La calidad de los alimentos es una de las cualidades exigidas a los procesos de manufactura alimentaria, debido a que el destino final de los productos es la alimentación humana y los alimentos son susceptibles en todo momento de sufrir cualquier forma de contaminación. (Potter & Hotchkiss, 1999)

La Norma del Codex Alimentarius para el Tomate (CODEX STAN 293-2007), informa que estos productos deben tener los siguientes requisitos mínimos de calidad:

- ✓ enteros;
- ✓ sanos, y exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- ✓ limpios, y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible;
- ✓ prácticamente exentos de plagas, y daños causados por ellas, que afecten al aspecto general del producto;
- ✓ exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- ✓ exentos de cualquier olor y/o sabor extraños;
- ✓ con aspecto fresco.

2.1.6. Calidad físico-química del tomate

2.1.6.1. Firmeza

La firmeza es un parámetro indicativo de la calidad de los tomates frescos y procesados y está relacionada con la estructura de la pared de celular y con el estado de madurez. Lamua (2000), indica que la firmeza de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto. Los componentes de las paredes celulares que contribuyen con la firmeza son la hemicelulosa, la celulosa y la pectina.

El ablandamiento de la pulpa de los vegetales es uno de los mecanismos bioquímicos que plantea más problemas a la hora de optimizar la comercialización de estos productos, ya que además de producir una pérdida de calidad (sobremaduración) aumenta la sensibilidad a los daños mecánicos y al ataque fúngico. (Reina, 2008)

2.1.6.2. Sólidos Solubles Totales

Entre los parámetros químicos que se utilizan para estimar la madurez de los vegetales se incluyen las variaciones en el contenido de sólidos solubles totales. Lewis (1993), señala que los sólidos solubles totales, expresados en °Brix, corresponden al porcentaje (p/p) de azúcares o sales disueltos en una solución.

Cantwell (2004), indica que el contenido de sólidos solubles de los tomates en general, se sitúa entre 3,5 y 7,0 °Brix, dependiendo de la variedad. Por su parte, Arana *et al.* (2007), señalan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química, y que los mismos en su periodo de madurez comercial deben poseer un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, estando relacionado con un aroma y sabor óptimos.

2.1.6.3. pH

El pH de un vegetal constituye una medida de los protones cedidos al agua por parte de las especies con actividad ácida en la muestra; viene determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de ácido que de la concentración; la escala de pH va desde 1 hasta 14. (Hernández J. , 2013)

Arana *et al.* (2007), consideran que los tomates que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5.

2.1.6.4. Acidez

La acidez es uno de los principales parámetros de calidad físico-química más comúnmente determinado en la materia prima vegetal; es cuantificable debido a la presencia de diversos ácidos orgánicos, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, entre otros, en proporciones variables. (Hernández J. , 2013)

La acidez en las bayas, tal es el caso de los tomates, es de 0.25% a 0.35% calculada como porcentaje en ácido cítrico (Lamua, 2000). Por su parte, Cantwell (2004) señala que la acidez del tomate está entre comprendida entre 0,2 y 0,6% de ácido cítrico.

2.1.7. Calidad sensorial del tomate

Según Hernández J. (2013), entre los criterios de calidad de la mayoría de los alimentos se encuentran las características sensoriales. Ello pone de manifiesto que en el control de calidad de cualquier alimento es imprescindible recurrir al análisis sensorial. Peynaud (1987) define el análisis sensorial como el “conjunto de métodos y técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar mediante los órganos de los sentidos, cierto número de propiedades llamadas organolépticas de los alimentos”.

Los sentidos que intervienen en el análisis sensorial de alimentos son la vista, el olfato, el gusto y el tacto. La vista para apreciar el color, el olfato para reconocer su aroma, el gusto para detectar su sabor y finalmente el tacto para determinar su textura.

Según De la Torre, Gonzáles, y Ciruelos (2008), el color del tomate maduro debe ser rojo intenso y uniforme; además, es una característica de calidad extremadamente importante, ya que determina la madurez y vida post cosecha, y es el factor determinante en cuanto a la aceptabilidad por parte del consumidor.

La calidad de un tomate depende de su aroma, su consistencia y su sabor. Una textura granulosa que deje fragmentos entre los dientes causará mala impresión. El aroma de esta hortaliza proviene más de su corola verde que del fruto y desaparece en el curso del transporte y del almacenamiento. Al no tener ningún poro en la piel, el perfume del tomate propiamente dicho se desprende en el momento de cortar el fruto. En ese instante, se funde el aroma de más de 400 sustancias para crear el verdadero sabor del tomate. Al masticar un trozo, el primer sabor que llega a la lengua proviene de los azúcares solubles, como la fructosa y la glucosa. En cuanto a su ligero sabor ácido, procede sobre todo del ácido málico, para el fruto sin pelar, y del cítrico, para el pelado. A este equilibrio se debe que un tomate pueda ser más o menos ácido o dulce. Las preferencias varían en función de factores geográficos o culturales. (Rodríguez, 2013)

La textura de los tomates se ve afectada por la pérdida de agua, la pérdida de presión de turgencia en las células, desnaturalización de proteínas y degradación de almidones durante el almacenamiento, por lo tanto, para los consumidores la

determinación de este atributo de calidad es fundamental para la aceptabilidad del producto. (Moreno, Sierra, y Díaz, 2012)

2.1.8. Condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad para el consumo de tomate fresco

En las Tablas 2 y 3, se presentan las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir los tomates frescos para ser considerados aptos para el consumo humano de acuerdo a la Norma Técnica Sanitaria N° 071 - Minsa/Digesa - V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para tomate fresco sin ningún tratamiento

Agente microbiano	Límite por g ó mL	
	m	M
<i>Escherichia coli</i>	10^2	10^3
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia / 25 g	-----
Mohos y Levaduras	10^2	10^3

Fuente: Norma Técnica Sanitaria N° 071 - Minsa/Digesa - V.01 (2008)

Tabla 3. Requisitos microbiológicos para tomate semiprocado refrigerado y/o congelado

Agente microbiano	Límite por g ó mL	
	m	M
Aerobios mesófilos	10^4	10^6
<i>Escherichia coli</i>	10	10^2
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia / 25 g	-----

Fuente: Norma Técnica Sanitaria N° 071 - Minsa/Digesa - V.01 (2008)

Donde:

m: Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a "m", representa un producto aceptable y los valores superiores a "m" indican lotes aceptables o inaceptables.

M: Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

2.2. ACEITES ESENCIALES

2.2.1. Generalidades

Un aceite esencial es una mezcla volátil de compuestos orgánicos generalmente líquidos (aunque pueden ser semisólidos o sólidos), de apariencia oleosa, derivado de plantas odoríferas por medios físicos. Muchos de estos aceites esenciales han sido valorados desde la antigüedad por sus olores característicos. Algunas de las fuentes más conocidas son: almendra, anís, clavos, cúrcuma, eucalipto, ajo, jazmín, naranja, pimienta, rosa, sándalo, violeta, albahaca, alcaravea, eneldo, safrán, hierbabuena, tomillo y lavanda, entre otros. (Anderson & Martínez, 2009)

Los aceites esenciales son mezclas de sustancias obtenidas de plantas, que presentan como características principales su compleja composición química y su carácter fuertemente aromático. De los millones de plantas existentes en nuestro planeta, se conocen alrededor de 4000 aceites esenciales distintos, aunque evidentemente, no todas las plantas contienen estas sustancias y las hay que presentan una concentración tan baja que hace imposible su obtención práctica. Las plantas aromáticas son las que concentran una mayor cantidad de esencias y por tanto constituyen la materia prima para su obtención, bien sea empleando toda la planta, solo sus hojas, flores, frutos o raíces dependiendo de la planta concreta de que se trate. (Ortuño, 2006)

Estas sustancias son sintetizadas por las plantas como metabolitos secundarios y pueden ser extraídas mediante métodos físicos como la destilación a vapor o hidrodestilación. Los aceites esenciales tienen un papel muy importante en la protección de las plantas actuando como agentes antibacterianos, antivirales, antifúngicos e insecticidas. Poseen una composición química compleja que consiste en una mezcla de sustancias orgánicas como hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, etc., de peso molecular menor de 400 Da y presión de vapor suficientemente alta para volatilizarse a temperatura ambiente. (Bauert, Garbe, & Surburg, 2001)

Los aceites esenciales son usados por su atractivo flavor como especias y agentes saborizantes en alimentos. Unos pocos son valorados por su acción antibacterial y fungicida. Algunos son usados medicinalmente (alcanfor y eucalipto) y otros como

repelente de insectos (citronela). La turpentina, un aceite derivado del exudado de pino, se usa como solvente para muchos productos de pintura. Además, los aceites esenciales, son empleados en perfumería, en la industria alimenticia o como fuente de materias primas; como por ejemplo el citral obtenido del limón que se ha usado para sintetizar vitamina A. (Anderson & Martínez, 2009)

El conocimiento científico de los componentes de los aceites esenciales y de su estructura molecular, ha permitido el desarrollo de una gran industria de perfumes y aromatizantes sintéticos para alimentos. Actualmente las empresas ofrecen en sus catálogos cientos de productos de este tipo: desde componentes para perfumes y aromas de frutas, hasta aromas para coñac, etc. En estas industrias, la síntesis fina de los componentes aromatizantes va seguida de rigurosos procesos de purificación, por lo que algunos de ellos alcanzan precios muy altos. Los aceites esenciales son mezclas muy complejas de muchos componentes. En muchos de ellos se han identificado entre 100 y 150 compuestos y en algunos más de 300. (Primo, 1995)

2.2.2. Composición química

Como se mencionó anteriormente, los aceites esenciales presentan una gran cantidad de componentes, Anderson & Martínez (2009) los clasifican en dos grupos principales:

1. **Hidrocarburos:** dentro de este grupo se encuentran los terpenos, sesquiterpenos y diterpenos.
2. **Compuestos oxigenados, nitrogenados o azufrados:** terpenoides, alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, compuestos fenólicos, óxidos y lactonas, compuestos nitrogenados y sulfuros.

Entre estos componentes, algunos están presentes en mayores proporciones, los hay otros en cantidades significativas y también están aquellos que se encuentran en cantidades ínfimas o como elementos traza.

Las esencias son generalmente mezclas de hidrocarburos y compuestos oxigenados derivados de ellos. En algunas (la de trementina, por ejemplo) predominan los hidrocarburos y existen solo pequeñas cantidades de componentes oxigenados; en otras (como la esencia de clavo), la mayor parte de la esencia son compuestos oxigenados. El olor y sabor de las esencias están determinados por estos componentes oxigenados que, por lo general, son apreciablemente solubles en agua (agua de azahar, agua de rosas, etc.), pero más solubles en alcohol (tinturas o perfumes de limón, etc.). Muchos aceites esenciales son de origen terpenoide; solo un pequeño número de ellos, como los de canela y de clavo, contienen principalmente derivados aromáticos (bencénicos), mezclados con terpenos. Aunque pocos, ciertos compuestos (por ejemplo timol, carvacrol), pese a su estructura aromática, son terpenoides de origen. (Álvarez & Bagué, 2012)

2.2.3. Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales

Generalmente, los aceites esenciales poseen notables propiedades antimicrobianas. Sin embargo, su mecanismo de acción aún no está definido. Hasta la fecha, la mayoría de los estudios realizados sobre las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales se han centrado en microorganismos patógenos para el hombre, así como aquellos presentes en los alimentos. (Zekaria, 2007)

Las sustancias esenciales naturales, se han utilizado desde épocas antiguas, como sustancias aromáticas y como preservantes. Los aceites esenciales cubren un amplio espectro de actividades tales como efectos farmacológicos, antiinflamatorios, antioxidantes y anticancerígenos. Otros son biocidas contra una amplia gama de microorganismos (como bacterias, hongos, virus, protozoos), insectos y plantas. (Guiza & Rincón, 2007)

La actividad antimicrobiana de distintos aceites esenciales se ha evaluado en numerosas ocasiones, obteniendo resultados satisfactorios para gran cantidad de vegetales y microorganismos. Dicha actividad depende de diversos factores, entre los que destacan la estructura química de los componentes del aceite y su concentración. (Guenther *et al.*, 1973; citado por Velázquez, 2010)

La acción antimicrobiana de los aceites esenciales, al tener un gran número de compuestos, no se atribuye a un único mecanismo, sino a varios debido a los múltiples blancos en la célula. Una característica importante de los aceites esenciales es su hidrofobicidad, característica que les permite unirse a los lípidos de la membrana celular desestabilizando su estructura y aumentando su permeabilidad, generando la salida de iones, metabolitos y demás moléculas que pueden conllevar a la muerte. Estudios demuestran que la mayoría de las propiedades antibacterianas frente a microorganismos patógenos por parte de los aceites esenciales se debe en un alto porcentaje de compuestos fenólicos como el timol, el carvacrol y el eugenol presentes en estos. (Garde, 2013)

En la Tabla 4 se mencionan algunos de los aceites esenciales más comunes así como sus principales componentes con actividad antimicrobiana probadas *in vitro*:

Tabla 4. Aceites esenciales y sus componentes con propiedades antimicrobianas

Nombre común	Nombre científico	Fuente	Componente mayoritario	Antifúngico	Antibacterial
Clavo	<i>Syzygium aromaticum</i>	Brote Hoja	Eugenol	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Lactobacillus sakei</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Hoja Madera	Eucaliptol Eucaliptone	Hongos y levaduras	Bacterias patógenas
Menta	<i>Mentha canadensis</i>	Hoja	Mentol	<i>Botrytis</i>	Bacterias patógenas
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Hoja Flor	Eugenol Carvacrol, Timol	<i>Botrytis</i> <i>Fusarium</i> <i>Clavibacter</i>	<i>Shigella</i> sp.
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Hoja	Carvacrol p-Cimeno Timol	<i>Aspergillus</i>	Bacterias patógenas

Fuente: Pérez & López, (2011).

El carvacrol (componente mayoritario del orégano) y el timol (procedente del tomillo) son capaces, dependiendo de la concentración de inclusión, de desintegrar la membrana externa de las bacterias Gram negativas (Zekaria, 2007).

Mediante la utilización de aceites esenciales se ha conseguido la reducción de la carga microbiana de frutas. Carvacrol y el cinamaldehído, se han utilizado para controlar la carga microbiana en kiwi y melón. Para ello, la fruta se sumergió en soluciones de 0,15-

0,75 $\mu\text{L/mL}$ de ambos compuestos, siendo el tratamiento menos efectivo en melón, posiblemente debido a la diferencia de pH entre ambas frutas, siendo más ácido en el kiwi que en el melón. (Roller y Seedhar, 2002; citado por Hernández P. , 2011). Cinamaldehído o aldehído cinámico, es el principal componente del aceite esencial de canela, del cual existen diversos estudios por su capacidad para inhibir el crecimiento de mohos y la producción de micotoxinas. (Castaño, 2012)

Un estudio llevado a cabo con aceite esencial de menta (5-20 $\mu\text{L/g}$) demostró ser efectivo contra *Salmonella enteritidis* en ensalada de pepino con yogur bajo en grasa (Tassou *et al.*, 1995; citado por Hernández P. , 2011).

Diversos estudios han sido realizados para probar el efecto antimicrobiano *in vitro* de diferentes aceites esenciales provenientes de fuentes naturales; lo que ha generado un gran interés en las industrias alimentarias por el empleo de estas sustancias para la conservación de alimentos. Aunque el tema aún es materia de investigación, dichas sustancias vienen siendo empleadas en reemplazo de los conservantes químicos y artificiales para extender el tiempo de vida útil en gran cantidad de productos.

2.2.4. Conservación de alimentos con aceites esenciales

La conservación de alimentos puede definirse como el conjunto de tratamientos que prolonga la vida útil de aquellos, manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y especialmente valor nutritivo (Figuerola & Rojas, 1993).

La conservación de alimentos se caracteriza por mantener la estabilidad microbiológica y las propiedades nutrimentales de los productos. El control microbiológico en los alimentos puede asegurarse al mantener cierto pH, actividad de agua, temperatura o adicionando sustancias que pueden ser de origen biológico o sintético. Actualmente, se han desarrollado diversos métodos biológicos de control microbiano, entre las tecnologías naturales se encuentra el uso de aceites esenciales en concentraciones mínimas. (Leite, Montenegro, De Oliveira, Nogueira, & Barbosa, 2005)

Se ha producido un constante incremento en la búsqueda de compuestos alternativos y eficientes para la conservación de alimentos; el objetivo es la sustitución parcial o total de aditivos químicos antimicrobianos. Las especias son una alternativa prometedora para la seguridad alimentaria. La actividad inhibidora de especias y derivados en el crecimiento de bacterias, levaduras, hongos y la síntesis de toxinas microbianas ha sido bien informada, por lo que podrían ser utilizadas en la conservación de alimentos como compuestos antimicrobianos principales o como adyuvantes con el fin de asegurar la producción de alimentos microbiológicamente estables. (Leite *et al.*, 2005)

Los efectos antimicrobianos de diferentes tipos de hierbas y especias han sido conocidos y utilizados hace mucho tiempo para aumentar la vida útil de los alimentos. Por lo tanto, los aceites esenciales y sus componentes, que se utilizan actualmente como aromas alimentarios, también se sabe que poseen actividad antimicrobiana, por lo que podrían ser utilizados como conservantes de alimentos, y especialmente desde su mayoría son clasificados como GRAS (Generalmente reconocido como seguro), o aprobados como aditivos alimentarios por la FDA (Administración de Alimentos y Drogas). Por tanto, no necesitan permiso para su uso en los alimentos, sin embargo, son necesarios estudios preliminares para entender mejor su actividad antimicrobiana. (Caillet & Lacroix, 2007)

2.3. CLAVO DE OLOR

2.3.1. Generalidades

Especia cuyo nombre proviene del francés *clou du giroflier*, que significa ‘clavo de olor’ (véase Figura 2). Es el estambre de la flor del árbol del clavo. Pertenece a la familia de las mirtáceas y científicamente se le conoce como *Syzygium aromaticum* o *Eugenia caryophyllata*. Los clavos son los brotes de flor sin abrir de este árbol que puede alcanzar hasta 12 metros de altura y se cosechan cuando el árbol tiene entre seis y ocho años. Hay que recogerlos a mano para no dañar las ramas y poner en peligro futuras cosechas. A medida que se van secando al sol pasan de un color rojizo claro a un marrón oscuro. (García, 2007)

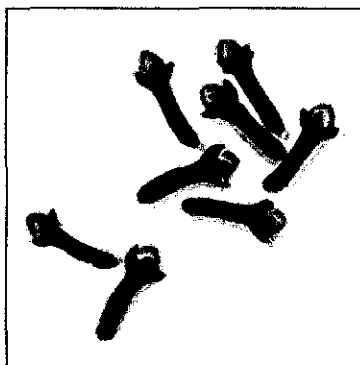


Figura 2. Botones de clavo

Fuente: Anderson & Martínez, (2009).

El clavo o clavo de olor, *Syzygium aromaticum*, es el capullo seco de la flor del clavero, un árbol perteneciente a la familia *Myrtaceae*. Su fisonomía se asemeja extraordinariamente a un clavo pequeño, con una cabeza redonda formada por los pétalos y rodeada por cuatro puntas (divisiones del cáliz) de color pardo oscuro, con un olor aromático y agradable, así como un sabor fuerte, acre y picante. (Hernández P. , 2011)

Taxonomía del clavo

Basado en lo que menciona Hernández P. (2011), el clavo posee la siguiente taxonomía:

- ✓ Familia: *Myrtaceae*
- ✓ Subfamilia: *Myrtoideae*
- ✓ Género: *Syzygium*
- ✓ Especie: *S. aromaticum*

2.3.2. Usos

El clavo de olor ha sido utilizado a lo largo de la historia como remedio natural para un gran número de enfermedades o dolencias como por ejemplo el dolor de cabeza, la impotencia o la fluidez en la circulación de la sangre. La medicina actual, tras diversos

estudios, habla del beneficio de su uso moderado como antiséptico, anestésico y antiinflamatorio.⁴

Al tratarse de una de las especias más antiguas, el clavo se utiliza abundantemente en la cocina de muchos lugares del mundo. Forma parte de la mayoría de salsas más conocidas y se utiliza en la preparación de pasteles, galletas, purés de legumbres, carnes, conservas de frutas, bebidas, licores, etc. Su sabor es intenso, fresco, un poco apimentado y con un toque oriental. Proporciona un aroma intenso, estimulante y limpio. Debe utilizarse con mucha moderación en dosis pequeñas para no resultar demasiado punzante.⁵

2.3.3. Origen y producción

El clavo de olor es originario de las islas Molucas o ‘isla de las especias’, en la actual Indonesia. Fue difundido desde el siglo XVII por los colonizadores ingleses, franceses, y holandeses, hasta Malasia, la India, las islas del Océano Índico, y en América en Martinica y Santo Domingo. Hoy en día los principales productores son Tanzania, Madagascar e Indonesia. (Geilfus, 1994)

2.3.4. Composición nutricional del clavo

La composición nutricional del clavo, varía en función con las condiciones agroclimáticas a las que está expuesto el fruto durante su cultivo, cosecha y almacenamiento.

En la Tabla 5 que se presenta a continuación, se muestran los componentes de las semillas de clavo.

⁴ Región de Murcia Digital, 2015. En: http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2719&r=ReP-20592-DETALLE_REPORTAJESPADRE

⁵ Botanical Online, 2015. En: <http://www.botanical-online.com/clavoespecia.htm>

Tabla 5. Composición nutricional de las semillas de clavo por 100 g

Componente	Valor
Proteína	5.98 g
Grasas (lípidos totales)	20.07 g
Carbohidratos totales	61.21 g
Energía	323 Kcal / 1350 KJ
Sacarosa	0.02 g
Glucosa	1.14 g
Fructosa	1.07 g
Humedad	6.86 g
Cafeína	0 mg
Teobromina	0 mg
Azúcares totales	2.38 g
Fibra dietética total	34.2 g
Grasa saturada total	5.44 g
Minerales	
Calcio	646 mg
Magnesio	264 mg
Fósforo	105 mg
Potasio	112 mg
Sodio	243 mg
Elementos traza	
Hierro	8.68 mg
Zinc	1.09 mg
Cobre	0.35 mg
Manganeso	30 mg
Selenio	5.9 mg
Vitaminas	
Vitamina A (retinol)	0 µg
Beta caroteno (provitamina A)	84 µg
Vitamina E (alfa-tocoferol)	8.52 mg
Vitamina D (microgramos)	0 µg
Vitamina C	80.8 mg
Vitamina B1 (tiamina)	0.12 mg
Vitamina B2	0.27 mg
Vitamina B3 (niacina)	1.46 mg
Vitamina B6	0.59 mg
Vitamina B11 (folacina)	93 µg
Vitamina B12	0 µg
Vitamina K	141.8 µg

Fuente: Aliments-riches.net, (2015).

2.3.5. Aceite esencial de clavo

El aceite esencial de clavo es un compuesto fenólico, resultante de la destilación de las hojas, semillas y tallos de la planta de clavo (*Syzygium aromaticum*). Su principio activo es el eugenol, presente en concentraciones que oscilan entre 70 y 95% de la composición total del aceite. (Mazzafera, 2003). El aceite esencial, recién destilado es de color transparente, pero por acción de la luz y oxígeno adquiere un color amarillo claro. Además de ser una especia aromática, el clavo tiene propiedades medicinales con aplicaciones en la industria de los alimentos y se han detectado propiedades plaguicidas. (Anderson & Martínez, 2009)

Los capullos de clavo de olor producen aproximadamente un 15 a 20 % del aceite volátil, el cual es responsable del característico olor y sabor. El tallo produce cerca del 5 % del aceite y las hojas un 2 %. Además, los capullos contienen un complejo de taninos, gomas, resinas y varios glucósidos de esteroides. (Hall, Rocha, & Rodríguez, 2002)

El aceite esencial de clavo está formado por una gran variedad de compuestos. Su composición varía dependiendo de su procedencia. Entre sus componentes destaca el eugenol como compuesto mayoritario, β -cariofileno y eugenil acetato. Además también se pueden encontrar pequeñas cantidades de α -humuleno y trazas (< 1%) de otros 25 a 35 constituyentes. (Chaieb *et al.*, 2007; citado por Hernández P. , 2011)

Eugenol ($C_{10}H_{12}O_2$) es guaiacol con una cadena alil sustituida. i.e. 2 metoxi-4-(2-propenil) fenol (véase Figura 3). El eugenol es un miembro de los compuestos de la clase alilbencenos. Es un líquido oleoso de color amarillo pálido extraído de ciertos aceites esenciales, especialmente del clavo de olor, la nuez moscada, y la canela. Es difícilmente soluble en agua y soluble en solventes orgánicos. Tiene un agradable olor a clavo. (Anderson & Martínez, 2009)

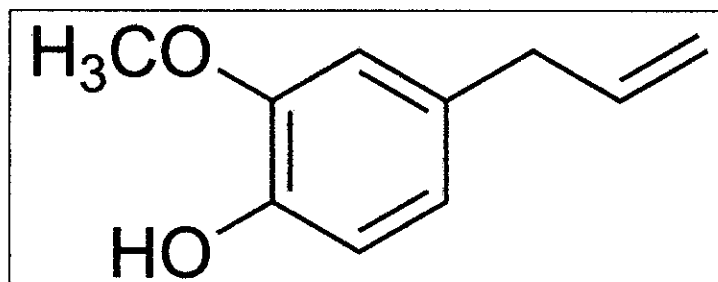


Figura 3. Estructura química del eugenol

Fuente: Álvarez & Bagué, (2012).

El clavo en forma de semilla o en forma molida se destina, principalmente, a usos culinarios y domésticos y también como aditivo. Sin embargo, cuando se usa con fines antimicrobianos en la industria alimentaria se emplea en forma de aceite esencial ya que de este modo se ven favorecidos sus efectos. (Subrahmanyam *et al.*, 1957; citado por (Hernández P. , 2011)

El uso de aceite esencial de clavo ha sido aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) como aromatizante en alimentación, anestésico en cementos dentales en odontología y en fragancias o aromaterapia. Se considera como seguro cuando es utilizado como aditivo en cantidades menores a 1500 ppm y ha sido definido por la EPA (Environmental Protection Agency (EEUU)) como pesticida de mínimo riesgo. Sin embargo, la ingestión o inyección de cierta dosis de aceite esencial de clavo puede causar daños respiratorios, fallos hepáticos, y depresión del sistema nervioso central. La dosis letal descrita es de 3,75 g/Kg de peso corporal. A pesar de que no existen estudios epidemiológicos en humanos que muestren los efectos relacionados con la exposición a aceite esencial de clavo o eugenol, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha considerado como ingesta diaria aceptable (IDA) un valor de 2,5 mg/Kg-día. Estos datos se han basado en un estudio llevado a cabo en ratas. (Hernández P. , 2011)

2.4. ANTECEDENTES

Castañó (2012), en su trabajo de investigación “Evaluación de la capacidad conservante de los aceites esenciales de clavo (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*), sobre la levadura (*Rhodotorula mucilaginosa*) en leche chocolatada” evaluó la actividad inhibitoria de los aceites esenciales de clavo de olor y canela *in vitro* e *in vivo* sobre la levadura *Rhodotorula mucilaginosa*, como una nueva fuente de conservantes naturales no tóxicos en leche chocolatada. La investigación se desarrolló en tres etapas: inicialmente se obtuvieron los aceites esenciales utilizando la técnica de arrastre con vapor o hidrodestilación y se caracterizó su composición cualitativamente mediante cromatografía de gases – masa, para la segunda fase se evaluaron los aceites esenciales obtenidos mediante el método *in vitro* para determinar la capacidad mínima inhibitoria comparados con un testigo comercial, y finalmente bajo los resultados obtenidos, se determinó la dosis de aplicación dentro de la formulación para el producto lácteo (Leche chocolatada), evaluando su respuesta *in vivo* y la aceptación por un panel sensorial de consumidores. Los resultados obtenidos indican el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de clavo de olor y canela, puesto que en forma individual y en combinación al 50% produjeron acción antimicrobiana sobre la *Rhodotorula mucilaginosa*, lo que indica su potencial aplicación en la industria de alimentos, convirtiéndolos en una alternativa de conservación natural, cuyo uso ayudaría en la disminución de los riesgos toxicológicos aportados por el empleo de los conservantes artificiales o sintéticos.

Pilco, Quito, & Quispe (2009), en su trabajo de investigación “Conservación de Pan Artesanal Ezequiel y Pan Superbueno usando Aceite Esencial de Clavo de Olor (*Eugenia caryophyllus*)” evaluaron la vida en anaquel del pan artesanal Ezequiel y pan de molde comercial Superbueno, usando aceite esencial del clavo de olor (*Eugenia Caryophyllus*) como antimoho. El aceite esencial fue obtenido por el método de hidrodestilación, con un rendimiento de 15 % (m/m). Del análisis microbiológico del pan Superbueno (pan comercial) se identificaron una cepa de levadura y dos mohos que corresponden al género *Penicillium*. Del pan Ezequiel se identificaron tres cepas aisladas de mohos, una cepa blanca correspondiente al género *Penicillium*, y dos cepas de género no identificado. La aplicación del aceite esencial a las seis cepas aisladas fueron a tres concentraciones (10 µl, 12.5 µl y 15 µl). Los resultados mostraron la ausencia de mohos hasta un período de incubación de 57 días. Finalmente, se comparó la efectividad del aceite esencial de clavo

de olor con un antimoho comercial (Pangermex, aceite esencial de cítricos), aplicándose en forma de spray al pan Ezequiel. El aceite esencial de clavo de olor presenta la misma capacidad inhibitoria que el antimoho comercial por un período de 10 días. De acuerdo al estudio realizado, el aceite esencial de clavo de olor garantiza la conservación del Pan Ezequiel y Pan Superbueno.

Andrade, Acosta, Bucheli, & Osorio (2014), en su investigación “Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.)” estudiaron la viabilidad de utilizar cera de laurel (*Morella pubescens* H&B ex Willd-Wilbur), como base de un recubrimiento comestible capaz de prolongar la vida útil del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.). Para ello se evaluaron nueve formulaciones, teniendo en cuenta la pérdida de peso de las diferentes muestras mediante un diseño factorial 3^2 , aleatorizado por bloques, analizado con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.II. Esto dio lugar a la optimización de la formulación, obteniendo un recubrimiento compuesto que se evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los frutos. El análisis estadístico mostró que el recubrimiento redujo la pérdida de masa y el índice de respiración manteniendo la firmeza y la calidad sensorial del fruto por más tiempo, incrementando en un 25 % el tiempo de anaquel del tomate de árbol con respecto a las muestras testigos sin recubrimiento. Se determinó que el recubrimiento no genera alteraciones en las propiedades organolépticas de los frutos recubiertos, además el revestimiento brindó a los frutos características más agradables para el consumidor referentes a brillo, color, olor, textura y apariencia con respecto a los tomates sin recubrimiento.

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. Hipótesis General

El aceite esencial de clavo de olor contribuye significativamente sobre la caracterización e incremento de la vida útil del tomate fresco.

2.5.2. Hipótesis Específicas

H₀: La concentración de la solución de aceite esencial de clavo y el método de conservación no influyen sobre la caracterización e incremento de la vida útil del tomate fresco.

H₁: La concentración de la solución de aceite esencial de clavo y el método de conservación influyen sobre la caracterización e incremento de la vida útil del tomate fresco.

2.5.3. Identificación y Operacionalización de Variables

Factores (Variables Independientes)

- ✓ Solución de aceite esencial de clavo
- ✓ Método de conservación

Variables Dependientes

- ✓ Vida útil
- ✓ Caracterización

En la Tabla 6 y Tabla 7 se describen las variables de estudio, independientes y dependientes respectivamente.

Tabla 6. Variables independientes del estudio

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Niveles
Solución de aceite esencial de clavo	Es la mezcla homogénea conformada por el aceite esencial y el solvente, se expresa en unidades que representan la concentración de la solución.	Se utilizarán diferentes volúmenes de aceite esencial de clavo para ser diluidos en el solvente de modo que se obtengan concentraciones deseadas para los tratamientos.	Concentración de aceite esencial de clavo	Determinar el % v/v de la solución de aceite esencial de clavo
Método de conservación	Son procedimientos que tienen por objetivo mantener las propiedades del alimento por más tiempo	Se emplearán dos métodos (refrigeración y conservación al ambiente) con el fin de evaluar en cuál se mantienen mejor las características físico-químicas y microbiológicas del tomate.	Temperatura (°C)	Refrigeración (8°C) Conservación al ambiente (28°C)

Tabla 7. Variables dependientes del estudio

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Niveles
Vida útil	Es el período entre la postcosecha, la manufactura y venta de un producto alimenticio, durante el cual este presenta una calidad satisfactoria para el consumidor.	Se evaluarán las propiedades físico-químicas, y microbiológicas del tomate para conocer sus características de calidad y determinar la vida útil.	Cambios físico-químicos Calidad microbiológica	Firmeza, pérdida de peso, °Brix, pH, acidez Análisis microbiológico
Caracterización	Es una herramienta que permite obtener una descripción completa de las características sensoriales de un producto	Se evaluarán las propiedades sensoriales del tomate para conocer sus atributos de color, olor, sabor y textura	Aceptabilidad	Análisis sensorial

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tipo causal, dado que se evaluó el efecto del aceite esencial de clavo de olor en diferentes concentraciones sobre la caracterización y vida útil de tomates frescos; además, el proyecto se ejecutó de manera cuantitativa a razón de la medición controlada en la obtención de datos experimentales que permitieron establecer el tiempo de vida útil del tomate fresco tratado con aceite esencial de clavo, mediante el estudio físico-químico, sensorial y microbiológico.

3.2. TIPO Y TÉCNICAS DE MUESTREO.

Población

Se aplicó un muestreo no probabilístico ya que en el proceso de la investigación interviene el criterio del investigador. Se dispuso de tomates frescos cuyas cosechas provienen del departamento de La Libertad y fueron adquiridos en la tienda de productos alimenticios y no alimenticios MAKRO SUPERMAYORISTA S.A. de la ciudad de Piura. Por lo tanto, la población de estudio son los tomates frescos de producción agrícola del departamento de La Libertad.

Muestra

La muestra para la experimentación equivale a 144 unidades de tomate que se emplearon en los análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales. La distribución de la muestra es la siguiente:

- ✓ 96 unidades para evaluación de los parámetros físico-químicos.
- ✓ 24 unidades para evaluaciones microbiológicas
- ✓ 24 unidades para el análisis sensorial.

Unidad de Análisis

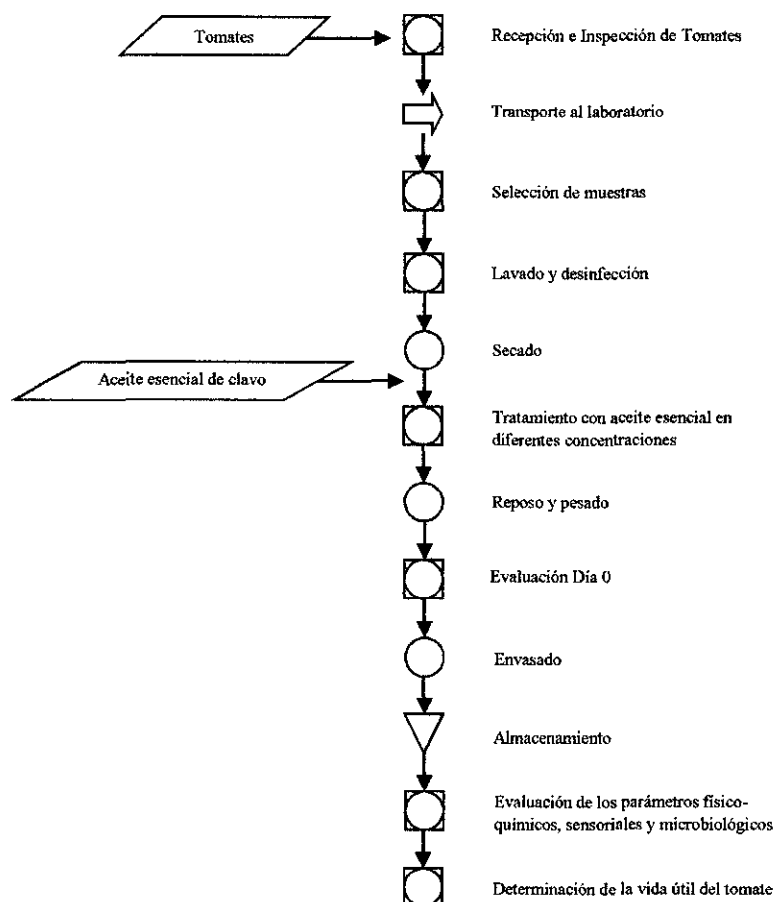
Tomates frescos tratados con soluciones de aceite esencial de clavo de olor. La evaluación de las muestras se realizó en los siguientes centros:

- ✓ Evaluación físico-química: Laboratorio de Agroindustrias de la Universidad Nacional de Piura
- ✓ Evaluación microbiológica: Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de Piura
- ✓ Análisis sensorial: Laboratorio de Agroindustrias de la Universidad Nacional de Piura

3.3. MODELO TEÓRICO

En la presente investigación se utilizó el siguiente proceso:

Plan de Procesamiento de la Experimentación



Elaboración propia.

Para la preparación de las muestras se emplearon los siguientes materiales:

- 144 tomates variedad alargado
- Aceite esencial de clavo marca Young Living
- Hipoclorito de Sodio marca Clorox
- Alcohol Puro 96° marca Inka Farma
- Agua Destilada
- Papel toalla
- Bandejas plásticas

Descripción del proceso

✓ Recepción e inspección de tomates

El material vegetal para la caracterización físico-química, microbiológica y sensorial del tomate fue adquirido en la tienda de productos alimenticios y no alimenticios MAKRO SUPERMAYORISTA S.A. de la ciudad de Piura, al cual se le hizo una inspección para asegurar que se estaban adquiriendo tomates frescos.

✓ Selección de muestras

La etapa de selección se realizó para disponer de tomates con características similares de maduración correspondientes a un estado rojo-maduro-firme, sin daños ni magulladuras visibles y aproximadamente de la misma forma y tamaño.

✓ Lavado y desinfección

El lavado se hizo con agua corriente para eliminar impurezas como tierra, sustancias químicas, insectos y partes de la planta como hojas y pequeños tallos. Luego se realizó la desinfección de la materia prima mediante la inmersión de la misma en un baño de hipoclorito de sodio (150 ppm) durante cinco minutos.

✓ **Secado**

Al término de la operación anterior, los frutos se secaron con papel toalla.

✓ **Tratamiento con aceite esencial de clavo**

El tratamiento consiste en sumergir las muestras de tomate en soluciones de aceite esencial de clavo por dos minutos. Las concentraciones usadas se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Concentración de las soluciones de aceite esencial de clavo para cada tratamiento

Tratamiento	Concentración de la solución
1	0.15 %
2	0.10 %
3	0.05 %

Según Hernández P. , (2011), el aceite esencial de clavo se considera seguro cuando es utilizado como aditivo en cantidades menores a 1500 ppm, lo que representa el 0.15 % de aceite puro en la solución estando su densidad comprendida entre 1.03 a 1.06 g/mL.

Para preparar las soluciones, se midió el volumen de aceite esencial de acuerdo al porcentaje indicado para cada tratamiento, posteriormente fue diluido en alcohol; además, se midió el volumen de agua destilada a la cual se añadió la dilución; finalmente se homogenizó la mezcla y se obtuvo la solución de aceite esencial de clavo a la concentración deseada.

Las concentraciones se han determinado tomando en cuenta que no produzcan efectos organolépticos indeseables sobre las muestras y que no representen ningún peligro para la salud del consumidor.

Se tuvo en cuenta la selección de un grupo de muestras de control (Tabla 9), las cuales solo fueron sometidas a las operaciones de limpieza y desinfección.

Tabla 9. Tratamiento para muestras de control

Tratamiento	Operaciones
0	Lavado y desinfección en solución de hipoclorito de sodio a 150 ppm.

Las muestras de control son útiles para comparar los datos obtenidos en la evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que se realizaron al inicio y durante la etapa de almacenamiento de las muestras.

✓ **Reposo y pesado**

Las muestras se dejaron en reposo por 5 minutos, tiempo mediante el cual se seca la superficie de los tomates, luego se les registró su peso inicial para determinar la pérdida de agua durante las diferentes condiciones de almacenamiento a las que fueron expuestas.

✓ **Evaluación Día 0**

Se evaluaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos de un grupo de muestras incluyendo las de control con el fin de contrastar los datos iniciales con los obtenidos en las siguientes evaluaciones.

✓ **Envasado**

Las muestras se colocaron de forma individual dentro de recipientes plásticos, transparentes, incoloros y con tapa, a los cuales se les realizaron orificios en cada uno de sus lados (incluyendo tapa y fondo), para ventilación.

✓ **Almacenamiento**

Luego de envasados, los tomates se distribuyeron en dos grupos, uno de ellos fue almacenado a temperatura de refrigeración (8°C) y el otro en un lugar limpio, seco y a temperatura ambiente (28°C). Los tomates se mantuvieron bajo esas condiciones durante todo el periodo de ensayo en el que se evaluaron los parámetros físico-químicos, sensoriales y microbiológicos, además se determinó la vida útil del producto.

✓ Evaluación de los parámetros físico-químicos, sensoriales y microbiológicos

La evaluación de los parámetros físico-químicos se realizó al 3°, 6°, 8° y 10° día desde el almacenamiento y se contrastaron los datos obtenidos con los de la evaluación inicial (Evaluación Día 0). Se realizaron los siguientes análisis:

- Pérdida de peso (%)
- Determinación del potencial de hidrógeno pH
- Determinación de sólidos solubles (°Brix)
- Determinación de acidez

El análisis sensorial se realizó en la parte final del estudio con el objetivo de conocer las características de las muestras de tomate y determinar el fin de la vida útil sensorial del alimento, además se busca estar razonablemente seguro de que el consumidor no va a encontrar un sabor, textura y olor extraño antes de la fecha de vencimiento. Los parámetros evaluados son los siguientes:

- Color
- Olor
- Sabor
- Textura
- Aceptabilidad

En cuanto al análisis microbiológico, se realizó al 2°, 7° y 10° día desde el almacenamiento de las muestras. Se hicieron recuentos de:

- Aerobios mesófilos
- *Escherichia coli*
- *Salmonella sp.*
- Mohos y levaduras

✓ **Determinación de la vida útil del tomate**

Según Reina (2008), el tomate hortícola fresco posee un tiempo de vida útil de seis días en condiciones de post-cosecha y expendio, por lo tanto con la aplicación de los tratamientos de aceite esencial de clavo y el manejo adecuado de su almacenamiento a temperaturas de refrigeración y ambiente, se pretende extender el tiempo de vida útil hasta doce días, manteniendo sus características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas en óptimas condiciones para el consumo. Para determinar la vida útil del tomate se identificó el mejor tratamiento según los resultados de todos los análisis que se realizaron.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño Experimental

En la presente investigación se planteó un diseño experimental para evaluar el efecto del aceite esencial natural de clavo sobre las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales, así como la vida útil del tomate. Las variables de estudio se analizaron mediante métodos estadísticos con el fin de obtener conclusiones válidas y objetivas.

Modelos Estadísticos

De acuerdo a los factores que se necesita controlar para el tratamiento del tomate, se aplicó un **Diseño Experimental Trifactorial** para obtener conclusiones de los análisis físico-químicos; el modelo matemático es el siguiente:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijkl} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \\ l = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Donde:

- ✓ y_{ij} : Observación ($ijkl$) éxima
- ✓ μ : Media Global
- ✓ τ_i : Efecto del Tratamiento i -ésimo
- ✓ β_j : Efecto del Tratamiento j -ésimo
- ✓ γ_k : Efecto del Tratamiento k -ésimo
- ✓ $(\tau\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción entre los factores τ, β
- ✓ $(\tau\gamma)_{ik}$: Efecto de la interacción entre los factores τ, γ
- ✓ $(\beta\gamma)_{jk}$: Efecto de la interacción entre los factores β, γ
- ✓ $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: Efecto de la interacción entre los factores τ, β, γ
- ✓ ϵ_{ijkl} : Error Aleatorio
- ✓ a : Niveles del factor τ
- ✓ b : Niveles del factor β
- ✓ c : Niveles del factor γ
- ✓ n : Réplicas o Repeticiones

$$\text{Factores} \begin{cases} \tau: \text{Tratamiento con aceite esencial de clavo} \\ \beta: \text{Método de conservación} \\ \gamma: \text{Tiempo de almacenamiento (días)} \end{cases} \quad \text{Respuesta} \begin{cases} \text{Pérdida de Peso} \\ \text{pH} \\ \text{°Brix} \\ \text{Acidez} \end{cases}$$

- $a = 3$: Son las soluciones de aceite esencial de clavo (0.15%, 0.10%, 0.05%)
- $b = 2$: Se emplearon dos métodos de conservación (ambiente y refrigeración)
- $c = 5$: Se hicieron cinco evaluaciones durante el almacenamiento
- $n = 2$: Se usaron dos réplicas por cada tratamiento

En la Tabla 10 que se muestra a continuación se describen los tratamientos a seguir en el diseño experimental para extender la vida útil del tomate incluyendo el de las muestras de control.

Tabla 10. Descripción de tratamientos en el diseño experimental

Tratamiento	Descripción
T ₀ A	Muestras de control desinfectadas con solución de hipoclorito de sodio 150 ppm, almacenamiento a T° ambiente.
T ₀ R	Muestras de control desinfectadas con solución de hipoclorito de sodio 150 ppm, almacenamiento a T° de refrigeración.
T ₁ A	Muestras de tomate tratadas en solución de aceite esencial de clavo al 0.15 %, almacenamiento a T° ambiente.
T ₁ R	Muestras de tomate tratadas en solución de aceite esencial de clavo al 0.15 %, almacenamiento a T° de refrigeración.
T ₂ A	Muestras de tomate tratadas en solución de aceite esencial de clavo al 0.10 %, almacenamiento a T° ambiente.
T ₂ R	Muestras de tomate tratadas en solución de aceite esencial de clavo al 0.10 %, almacenamiento a T° de refrigeración.
T ₃ A	Muestras de tomate tratadas en solución de aceite esencial de clavo al 0.05 %, almacenamiento a T° ambiente.
T ₃ R	Muestras de tomate tratadas en solución de aceite esencial de clavo al 0.05 %, almacenamiento a T° de refrigeración.

Para procesar los datos del análisis sensorial se empleó un **Diseño Experimental Bifactorial** por cada atributo (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad), los cuales se calificaron de acuerdo a una escala de puntuación de 1 a 5 puntos (véase Tabla 13). El modelo matemático es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

- $a = 4$: Total de tratamientos que se usaron en la experimentación (Tres soluciones de aceite esencial de clavo y una de hipoclorito de sodio)
- $b = 2$: Son los métodos de conservación (ambiente y refrigeración)
- $n = 20$: Total de panelistas que participaron en el análisis sensorial

Además, se emplearon **Pruebas de Comparación Múltiple entre grupos (Tukey HSD)** en los análisis físico-químicos y sensoriales con el fin de seleccionar el mejor tratamiento.

En cuanto al análisis microbiológico, los recuentos obtenidos de cada grupo de microorganismos se expresan en **Gráficos de Columnas** para comparar el poder antimicrobiano de cada tratamiento y determinar cuál de ellos es el más efectivo.

3.5. MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Determinación de parámetros físico-químicos

3.5.1.1. Peso inicial de las muestras

Las muestras se pesaron de forma individual empleando una balanza electrónica digital.

3.5.1.2. Pérdida de peso

En cada evaluación realizada durante el almacenamiento, las muestras fueron pesadas para obtener la pérdida de peso por diferencia de sus respectivos pesos inicial y final. Se expresa la pérdida de peso en porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.5.1.3. Determinación del potencial de hidrógeno pH

Se determinó según la norma AOAC 981.12 (2005) por lectura directa, utilizando un potenciómetro manual portátil marca WTW – pH 330 previamente calibrado a temperatura ambiente. El tomate se tritura en el mortero y se obtiene el jugo, se introduce el electrodo en la mezcla y se hace la lectura del pH.

3.5.1.4. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

Se determinó según la norma AOAC 970.59 (2005); en forma directa utilizando un refractómetro ATAGO N-1α, con una escala de 0-30 °Brix. Se coloca una cantidad de jugo en el prisma del refractómetro y se observa la escala contra luz, finalizada la lectura se lava el prisma con agua destilada y se seca completamente para la próxima lectura.

3.5.1.5. Determinación de acidez

Se determinó siguiendo el procedimiento descrito en la norma AOAC 942.15 (2005); para encontrar acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico. Se agregan dos gotas de fenolftaleína a una solución de 10 g de jugo de tomate en 40 ml de agua destilada, dicha mezcla se trasvasa en un matraz Erlenmeyer, se coloca debajo de la bureta que contiene NaOH 0,1 N y se titula agitando la muestra hasta alcanzar un viraje de color y la neutralidad; se registra el gasto del volumen de NaOH. La acidez titulable es expresada como porcentaje del ácido predominante en la fruta y es calculada por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times meq_{\text{ácido}}}{V} \times 100$$

V_{NaOH} : Volumen del gasto de NaOH usado para la titulación (ml)

N_{NaOH} : Normalidad del NaOH

$meq_{\text{ácido}}$: miliequivalente del ácido predominante en la muestra

V : Volumen de jugo de muestra usado (ml)

3.5.2. Análisis microbiológico

Se realizaron análisis cuantitativos de contaminación de los principales grupos de microorganismos que pueden contribuir al deterioro de la calidad físico-química, microbiológica y sensorial de las muestras de tomate. Se consideran los grupos de microorganismos mencionados en la Tabla 3: Requisitos microbiológicos para tomate semiprocado refrigerado y/o congelado según Norma Técnica Sanitaria N° 071 - Minsa/Digesa - V.01 (2008).

- Aerobios mesófilos
- *Escherichia coli*
- *Salmonella sp.*
- Mohos y Levaduras

3.5.2.1. Preparación de la muestras

Para la preparación de las muestras se sigue la metodología descrita en la norma ISO 6887 (1983). Los pasos son los siguientes:

- ✓ Tomar la muestra en condiciones asépticas. Para ello se pueden emplear cubiertos y botes previamente esterilizados. Si transcurre un tiempo entre la toma de muestra y el análisis, se mantendrá la muestra en refrigeración.
- ✓ Homogeneización del alimento. Se empleó un homogeneizador comercial de paletas para que la distribución de los microorganismos en el medio sea homogénea (licuadora estéril). Se pesan 10g del alimento en un recipiente estéril y se añaden al homogeneizador seguido de 90 ml de solución salina estéril. El triturado de la muestra se realiza al menos durante 2 minutos, aunque el tiempo depende de la consistencia del alimento.
- ✓ Realizar una serie de diluciones decimales seriadas en tubos con 9 ml de solución salina a los que se les añade 1 ml de la dilución que le precede. En función de la carga microbiana esperada en el alimento se realizan las diluciones que se crean convenientes.

NOTA: Al añadir 90 ml de solución salina a los 10 g de muestra, se está realizando la primera dilución decimal (10^{-1}), los 10 g de la muestra van a implicar aproximadamente 10 ml de volumen). Para los análisis microbiológicos de este experimento se trabajó con diluciones decimales 10^{-2} .

3.5.2.2. Recuento de Aerobios mesófilos

Para los Aerobios mesófilos se hicieron recuentos en placa siguiendo el método de recuento en profundidad de la norma NF EN ISO 4833 (2014). A continuación se detalla la metodología:

- ✓ Se preparan diluciones de la muestra de tomate en solución salina estéril.
- ✓ Se coloca 1ml de la dilución deseada en una placa Petri, inmediatamente se añade Agar PCA en estado de gel a 45°C.
- ✓ Se coloca la cubierta de la placa y se hacen movimientos circulares en sentido horario y antihorario, luego se hacen movimientos hacia arriba, abajo, izquierda y derecha con el fin de homogeneizar el contenido.
- ✓ Se espera a que solidifique el agar y se incuban las placas en una estufa a 37°C por 24 – 48 horas.
- ✓ Transcurrido el tiempo establecido se procede a la lectura de las unidades formadoras de colonias.

3.5.2.3. Recuento de *Escherichia coli*

Para *Escherichia coli* se usó la Técnica del Número más Probable según la norma ISO 7251 (2005). Los pasos de la técnica son:

- ✓ Se preparan diluciones de la muestra de tomate hasta 10^{-3} .
- ✓ Pipetear 1ml de cada una de las diluciones del alimento y añadirlas a tubos contenidos de 10 ml de Caldo Lauril Sulfato con campanas de Durham; se utilizan tres tubos por dilución.
- ✓ Los tubos se incuban a 35 – 37° C durante 24 – 48 horas.
- ✓ Transcurrido el tiempo se realiza la búsqueda de tubos con producción de gas.
- ✓ A partir de cada tubo que muestra desprendimiento de gas se inocula 1 ml de este en un tubo contenido de Caldo Brila con campana. Se incuban los tubos a 45°C durante 24 – 48 horas. La reacción es positiva cuando se produce desprendimiento de gas recogido en la campana de Durham, como consecuencia de la fermentación de la lactosa en presencia de sales biliares a 45° C.
- ✓ De los tubos que presenten reacción positiva durante la lectura se hacen siembras en estrías en placas con Agar EMB y se incuban a 35 – 37°C por 24 horas.
- ✓ Se hacen los recuentos de *E. coli* por mililitro o gramo de muestra de ensayo.

3.5.2.4. Recuento de *Salmonella*

La metodología empleada para la detección de *Salmonella* es la descrita en la norma NF EN ISO 6579 (2002). A continuación se detallan los pasos:

- ✓ Se pesan 25 g de la muestra en condiciones de asepsia y se añaden a un matraz conteniendo 225 ml de Caldo Casoy.
- ✓ Se coloca un tapón de algodón en la boca del matraz y se incuba a 35 – 37°C durante 18 – 24 horas con el objetivo de preenriquecer la muestra.
- ✓ Luego del preenriquecimiento, se pipetea 0.1 ml del Caldo Casoy y se añade a un tubo contenido de 10 ml de Caldo Rappaport. Se incuba a 42°C por 24 horas.
- ✓ Posterior a la incubación, del Caldo Rappaport se hacen siembras en estrías en placas con Agar SS y se incuban a 35-37°C por 24 horas.
- ✓ Para el recuento se consideran las colonias negras que crecen en la placa.

3.5.2.5. Recuento de Mohos y Levaduras

Se hicieron recuentos en placa siguiendo el método de recuento en profundidad de la norma ISO 7954 (1987). A continuación se detalla la metodología:

- ✓ Se preparan diluciones de la muestra de tomate en solución salina estéril.
- ✓ Se coloca 1ml de la dilución deseada en una placa Petri, inmediatamente se añade Agar Sabouraud en estado de gel a 45°C.
- ✓ Se coloca la cubierta de la placa y se hacen movimientos circulares en sentido horario y antihorario, luego se hacen movimientos hacia arriba, abajo, izquierda y derecha con el fin de homogeneizar el contenido.
- ✓ Se espera a que solidifique el agar y se incuban las placas en una estufa a 25°C por 3 – 4 días.
- ✓ Transcurrido el tiempo establecido se procede a la lectura de las unidades formadoras de colonias.

3.5.3. Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se emplearon pruebas de puntaje con escala estructurada siguiendo la metodología de la norma ISO 6658 (2008).

El análisis sensorial se realizó mediante el semi-entrenamiento de un panel de catadores compuesto por 20 estudiantes de la Facultad Ingeniería Industrial – E.P. Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias. Se llevó a cabo en la parte final de la experimentación (transcurridos 10 días desde el almacenamiento) y se evaluaron los siguientes atributos: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad, los cuales fueron calificados de acuerdo a una escala de puntuación de 1 a 5 puntos. En la Tabla 13, se detalla la escala de puntuación para los atributos sensoriales.

Tabla 11. Escala de puntuación para los atributos sensoriales

Parámetros					Puntuación
Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad	
Rojo	Agrada mucho	Agrada mucho	Muy consistente	Muy aceptable	5
Rojo claro	Agrada poco	Agrada poco	Consistente	Aceptable	4
Rosa	Ni agrada ni desagrada	Ni agrada ni desagrada	Ni consistente ni blando	Casi aceptable	3
Rayando	Desagrada	Desagrada	Blando	Inaceptable	2
Quebrando	Desagrada mucho	Desagrada mucho	Muy blando	Muy inaceptable	1

Los datos obtenidos del análisis sensorial fueron procesados mediante Diseños Experimentales Bifactoriales por cada atributo.

3.4.4. Determinación de la vida útil del tomate

Con la aplicación de los tratamientos de aceite esencial de clavo de olor y un adecuado almacenamiento, se pretende extender el tiempo de vida útil de los tomates hasta doce días, manteniendo sus características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas en óptimas condiciones para el consumo.

Se identificó al mejor tratamiento según los resultados de todos los análisis que se realizaron a las muestras de tomate:

- ✓ El tratamiento en el cual los cambios físico-químicos fueron mínimos es el adecuado, dado que implica retardo en la maduración normal del fruto.
- ✓ Del mismo modo el tratamiento en el cual el análisis microbiológico presentó menor contaminación o no la presentó a lo largo de la experiencia es el adecuado.
- ✓ Finalmente en el aspecto sensorial se optó por el tratamiento que recibió la mejor calificación en sus atributos y es el más aceptable.

En conclusión, el tratamiento que cumplió con lo requerido en cuanto a características bioquímicas, alargamiento de la maduración, calidad microbiológica y que es aceptado por el consumidor, es el adecuado para extender la vida útil del tomate.

Luego de identificar el mejor tratamiento, se determinó la vida útil del tomate de acuerdo a los días que permaneció en almacenamiento, finalizando cuando el producto presenta cambios indeseables.

3.6. USO DE SOFTWARE DE TRATAMIENTO DE DATOS.

Los resultados de los análisis se procesaron con el software STATGRAPHICS CENTURION XVII aplicando Análisis de Varianza (ANVA) al 95% de nivel de confianza y se complementaron con la aplicación de cálculo Microsoft Excel.

Se ejecutó un análisis de varianza multifactorial por cada parámetro de estudio con el fin de determinar qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre ellos; también se evaluó la significancia de las interacciones entre los factores. Además, se emplearon **Pruebas de Comparación Múltiple de Tukey (HSD)** para seleccionar entre los tratamientos al que prolongó, en mayor medida, la vida útil de los tomates en base a los parámetros estudiados.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se reportan, analizan y discuten los resultados de los parámetros físico-químicos, sensoriales y microbiológicos obtenidos durante la experimentación.

4.1.1. Pérdida de peso

Debido al contenido de agua de todos los alimentos, durante el almacenamiento tiene lugar una pérdida de peso por evaporación de una parte del agua, la cual es una causa principal del deterioro ya que genera pérdidas de apariencia tales como marchitamiento, deshidratación y pérdida de la calidad de textura conocida como el ablandamiento.

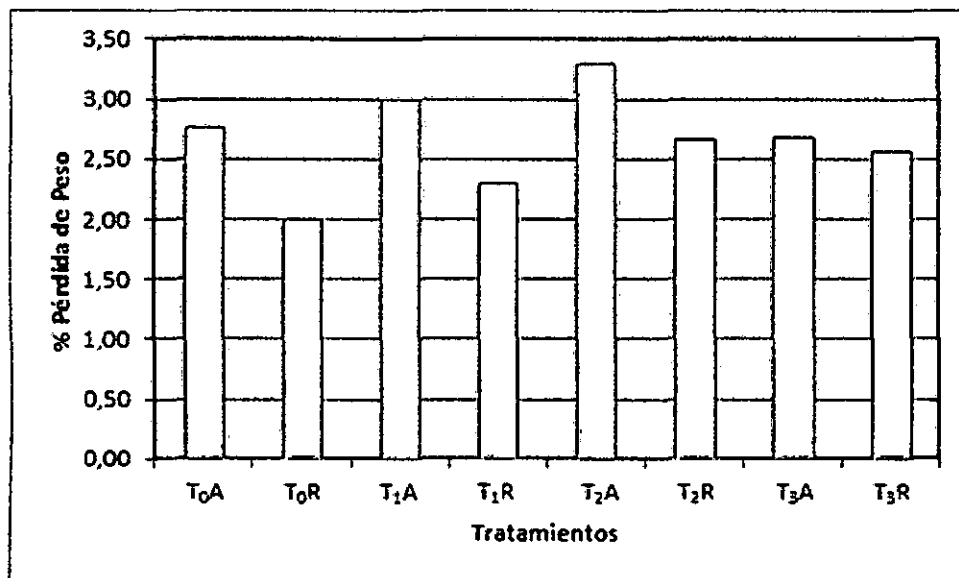


Figura 4. Pérdida de peso del tomate por cada tratamiento

En la Figura 4, se muestra el % de la pérdida de peso promedio de las muestras de tomate por cada tratamiento, incluidas las muestras de control al finalizar la experimentación. Se aprecia que los tratamientos en refrigeración (8°C) pierden menor cantidad de agua que los expuestos a temperatura ambiente (28°C).

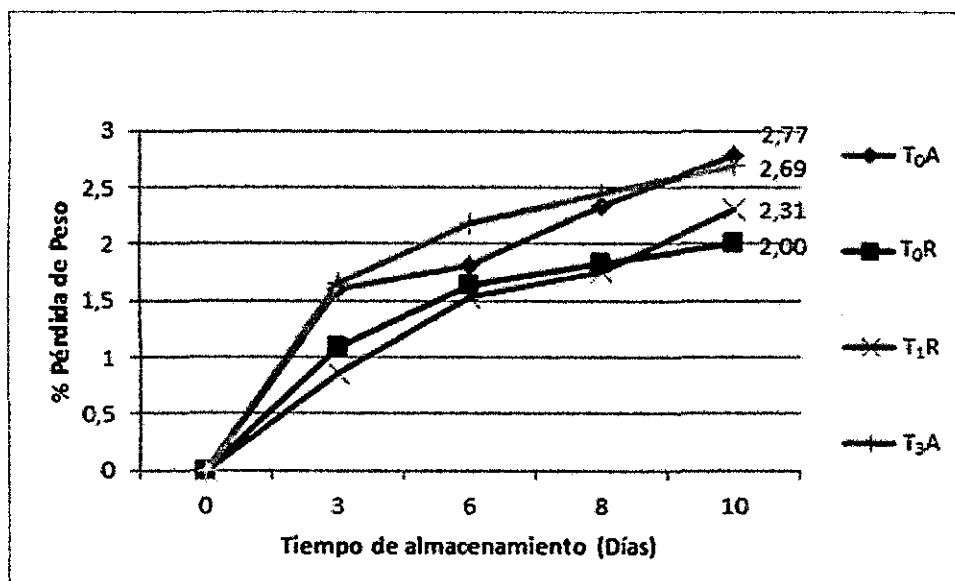


Figura 5. Variación de la pérdida de peso a través del tiempo

En la Figura 5, se muestra la pérdida de peso (%) a través del tiempo de las muestras de control y los tratamientos que obtuvieron la menor pérdida de agua en sus respectivos grupos de almacenamiento (ambiente y refrigeración). Se observa que conforme transcurre el tiempo, la pérdida de peso es mucho mayor.

En la tabla ANOVA para la Pérdida de Peso (Tabla C-1) se aprecia que, tanto el método de conservación, el aceite esencial de clavo y el tiempo de almacenamiento, tienen efecto estadísticamente significativo sobre Pérdida de Peso (%) con un 95.0% de nivel de confianza, puesto que los valores-P de cada uno de los factores son menores que 0.05. De acuerdo a las pruebas de comparación múltiple de Tukey para pérdida de peso (%) por método de conservación y por aceite esencial de clavo (Tablas C-2 y C-3), el tratamiento que evita en mayor medida la evaporación de agua es el T₁R.

Aunque la temperatura de refrigeración evita mayores pérdidas de agua, en los tomates no es recomendable dado que afecta sus características organolépticas tal como se apreció en el análisis sensorial, donde el color no presentó una tonalidad homogénea de un rojo maduro, la textura se tornó pastosa y el sabor no fue tan agradable.

Según Sidhe (2015), los tomates en refrigeración pierden todo su sabor a consecuencia del aire frío que detiene el proceso de maduración de este producto; también se altera la textura dado que el frío rompe las membranas de la fruta y lo hace más harinoso; por lo expuesto deben almacenarse a temperatura ambiente.

4.1.2. pH

La tendencia de pH aumenta conforme transcurre el tiempo, en una relación directamente proporcional, la modificación del contenido de ácidos orgánicos presentes en la fruta es de gran importancia a nivel bioquímico ya que el pH acondiciona la actividad de un gran número de enzimas responsables en los sucesos de la maduración como ablandamiento, color, entre otros. (Hernández, Barrera, & Melgarejo, 2007)

En la tabla ANOVA para el pH (Tabla C-5) se evidencia que el factor tiempo de almacenamiento, presenta su valor-P menor que 0.05, por lo tanto este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el pH con un 95.0% de nivel de confianza; al mismo tiempo se muestra que los demás factores y sus respectivas interacciones no causan ningún efecto sobre el pH.

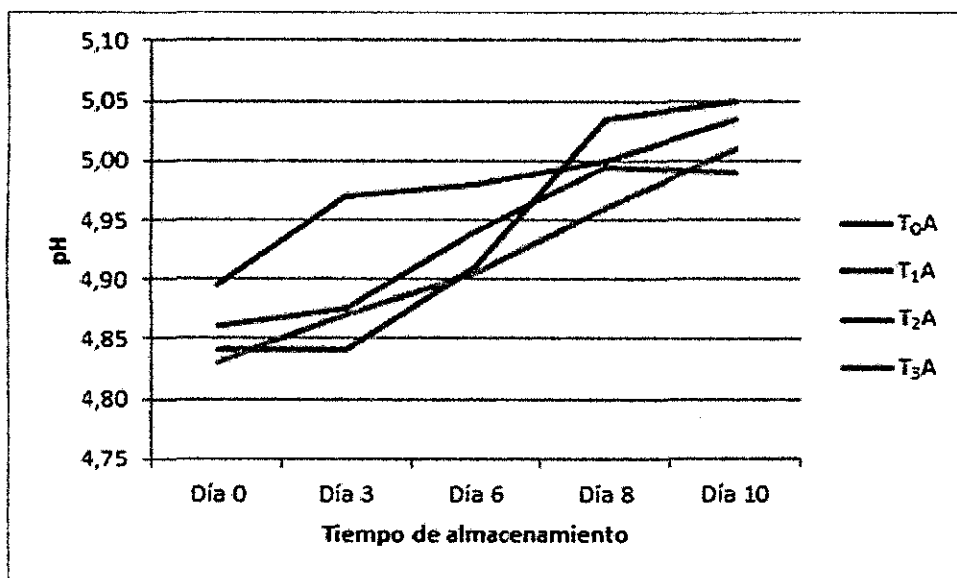


Figura 6. Variación de pH para tratamientos en T° Ambiente

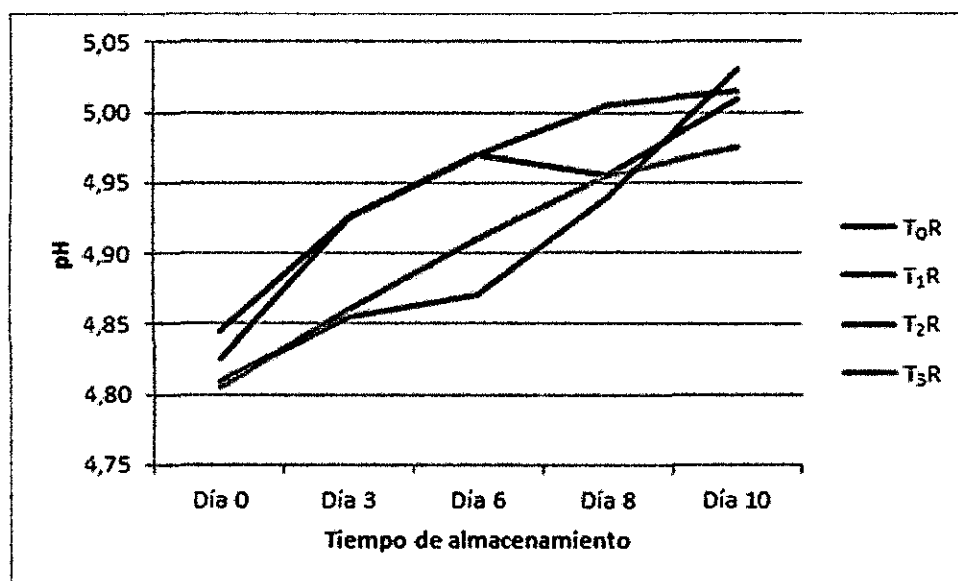


Figura 7. Variación de pH para tratamientos en T° de Refrigeración

En las Figuras 6 y 7, se muestra el aumento de pH a través del tiempo para los grupos de tratamientos y sus controles almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración respectivamente. En el día 10, los valores de pH de todos los tratamientos están comprendidos entre 4.95 y 5.05, cuyo límite superior se encuentra ligeramente por encima del citado por Arana *et al.* (2007), quienes consideran que los tomates que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5.

4.1.3. Sólidos solubles (°Brix)

Según Sandoval (2014), los sólidos solubles del tomate poseen una tendencia a aumentar conforme la maduración se efectúa debido a que el vegetal experimenta la descomposición de almidones y azúcares complejos por acción de enzimas a compuestos simples, es decir los sólidos solubles.

La tabla ANOVA para °Brix (Tabla C-9) se descompone en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que el método de conservación y el tiempo de almacenamiento presentan valores-P menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre los °Brix con un 95.0% de nivel de confianza; en el caso del aceite esencial de clavo, se evidencia que no causa ningún efecto sobre este parámetro. Además, según las pruebas de comparación múltiple de Tukey (Tabla C-10), el almacenamiento al ambiente favorece el incremento de los sólidos solubles de los tomates.

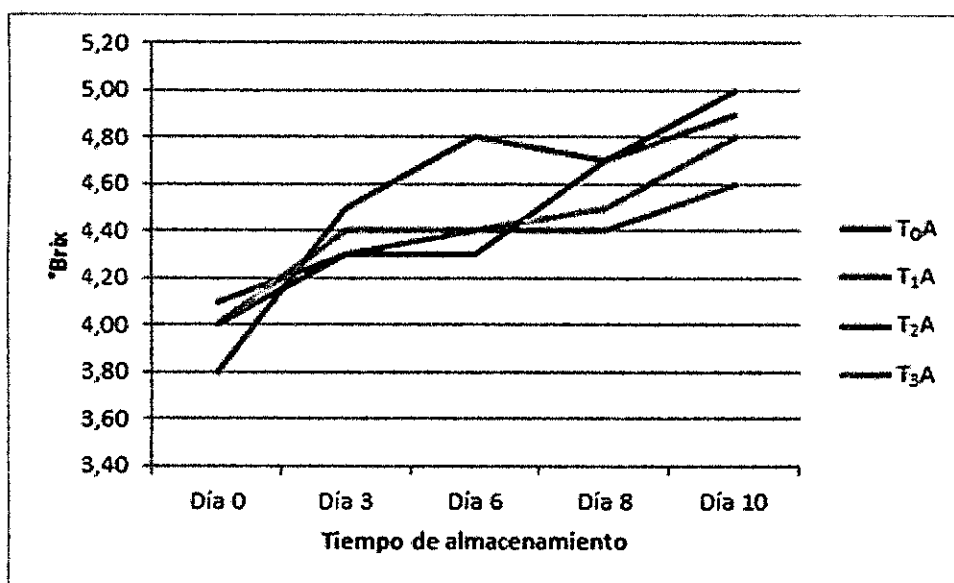


Figura 8. Variación de sólidos solubles (°Brix) para tratamientos en T° Ambiente

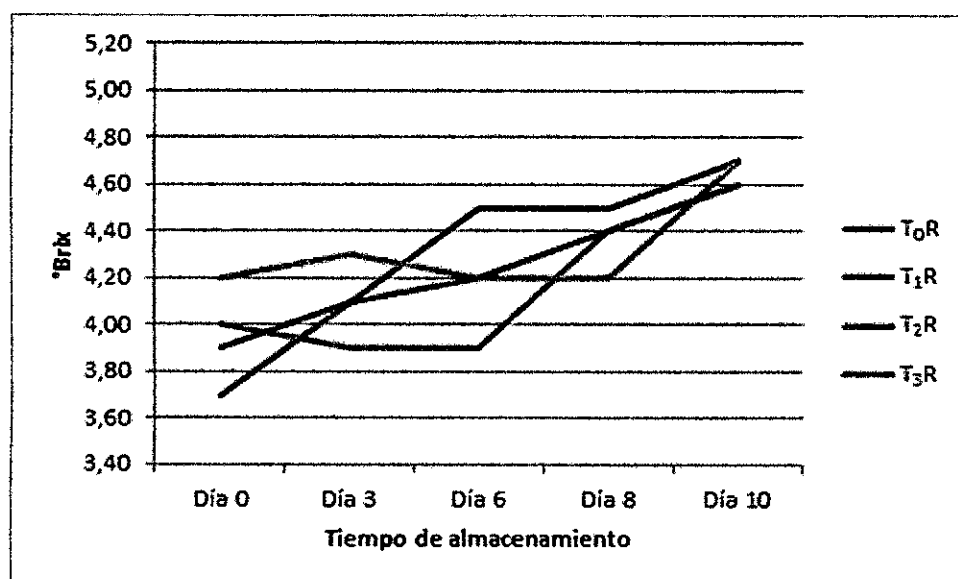


Figura 9. Variación de sólidos solubles (°Brix) para tratamientos en T° de Refrigeración

Las Figuras 8 y 9, muestran respectivamente la variación de sólidos solubles a través del tiempo para los tratamientos almacenados al ambiente y en refrigeración. Se aprecia en ambas figuras que no existen diferencias significativas de la variable respuesta (°Brix) entre los controles y los tratamientos. Los °Brix obtenidos en todos los casos oscilan entre 4.6 y 5, perteneciendo así, al rango descrito por Arana *et al.* (2007), quienes señalan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química, y que los mismos en su periodo de madurez comercial deben poseer

un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, estando relacionados con un aroma y sabor óptimos. Para el caso de esta investigación, el control al ambiente (T_0A) obtuvo en promedio 5 ° Brix, seguido del tratamiento T_1A con 4.9 °Brix.

4.1.4. Acidez

Hernández, Barrera, & Melgarejo (2007), mencionan que la acidez en los tomates es una característica que indica que a medida que transcurre la maduración, los ácidos orgánicos (ácido cítrico) son convertidos en azúcares disminuyendo así su contenido.

La tabla ANOVA para la Acidez (Tabla C-13), indica que el aceite esencial y el tiempo de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre este parámetro con 95.0% de nivel de confianza. Se aprecia que los valores-P de los factores mencionados son menores que 0.05, por lo que prueban la significancia estadística de cada uno de ellos. Respecto al método de conservación, no se evidencian diferencias significativas, por lo que este factor no causa efecto considerable. En el caso de las Pruebas de Múltiples Rangos de Tukey para Acidez por Aceite esencial de clavo (Tabla C-15), los tratamientos que difieren significativamente de los demás son el T_1A y T_1R en los cuales se obtienen menores cantidades de acidez.

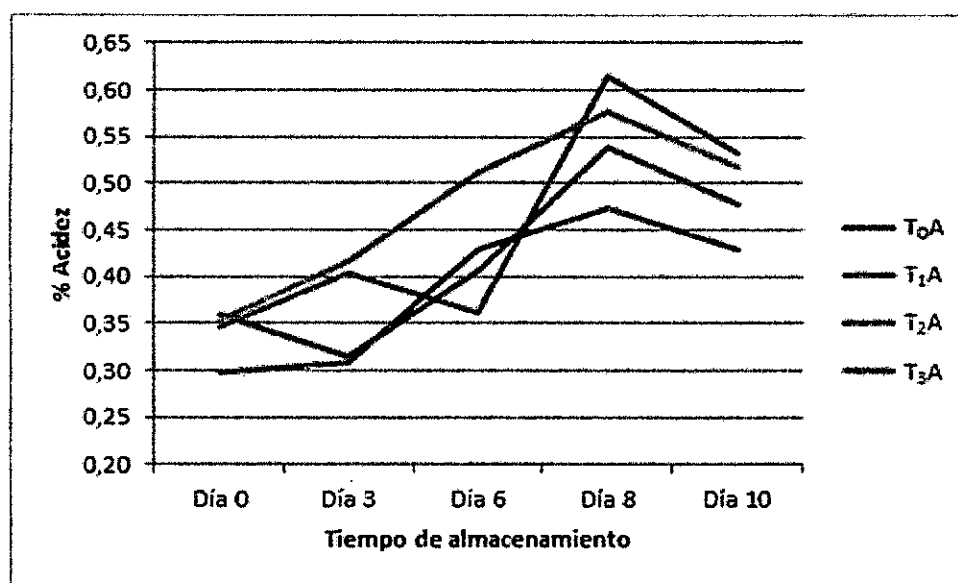


Figura 10. Variación de acidez (%) para tratamientos en T° Ambiente

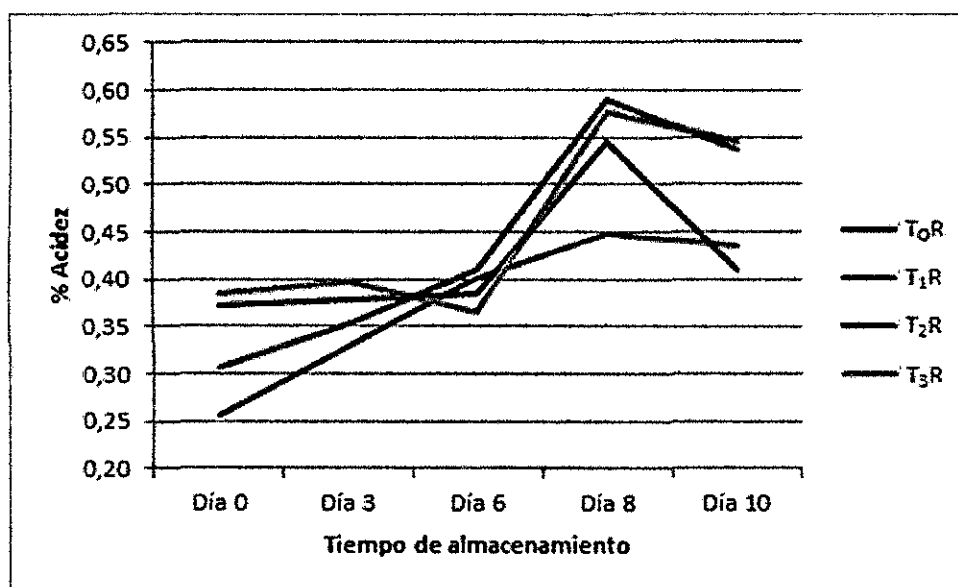


Figura 11. Variación de acidez (%) para tratamientos en T° de Refrigeración

Las Figuras 10 y 11, muestran la variación de acidez (%) del tomate a través del tiempo, para los tratamientos y sus controles almacenados al ambiente y en refrigeración respectivamente. Los valores que se muestran en el presente trabajo se encuentran dentro del rango indicado por Cantwell (2004), quien señala que la acidez del tomate está entre comprendida entre 0,2 y 0,6% de ácido cítrico.

4.1.5. Análisis microbiológico

Las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad de los tomates frescos en esta experimentación, dependen del poder antimicrobiano de las soluciones de aceite esencial de clavo. Los valores de los recuentos de bacterias enteropatógenas (*Escherichia coli* y *Salmonella*), aerobios mesófilos, mohos y levaduras en todos los tratamientos presentaron calidad microbiológica aceptable de acuerdo a los requisitos microbiológicos para tomates (Tabla 2 y 3) de la Norma Técnica Sanitaria N° 071 - Minsa/Digesa - V.01 (2008). Las pruebas microbiológicas se realizaron para comprobar si el aceite esencial de clavo favorece la conservación del tomate por medio del efecto inhibitorio y antimicrobiano que ha sido reportado en otras investigaciones.

Los análisis se realizaron luego de 2, 7 y 10 días desde el almacenamiento de las muestras; los recuentos microbiológicos se detallan en la Tabla B-9, y se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo de muestra.

4.1.5.1. Recuento de aerobios mesófilos

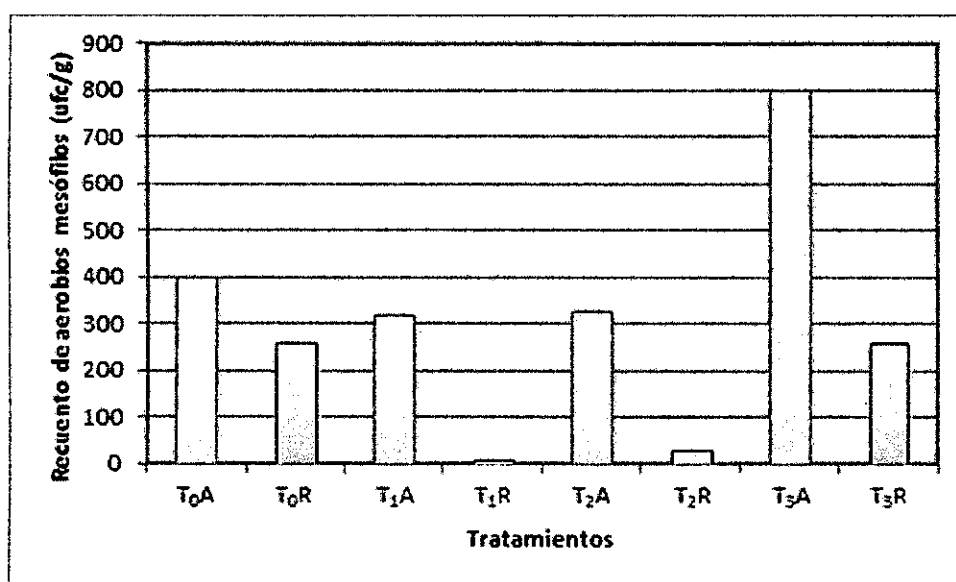


Figura 12. Recuento total de aerobios mesófilos por cada tratamiento

En la Figura 12, se muestran los recuentos totales de aerobios mesófilos luego de 10 días desde el almacenamiento de las muestras de tomate, las cuales fueron tratadas con soluciones de aceite esencial de clavo en diferentes concentraciones (0.15%, 0.10% y 0.05%) y almacenadas al ambiente y en refrigeración.

La solución de aceite esencial de clavo más efectiva frente a este grupo de microorganismos es al 0.15% (tratamientos T₁A y T₁R), además cuando las muestras son almacenadas en refrigeración se obtienen recuentos mínimos. Los valores de los recuentos en los casos T₁A y T₁R no representan ningún peligro para la salud del consumidor según los requisitos microbiológicos para el tomate mencionados en la Tabla 3, donde el límite inferior de aerobios mesófilos es de 10^4 ó 10000 ufc/g, de lo cual se deduce que los tratamientos mencionados son adecuados para conservar la calidad microbiológica y asegurar la inocuidad de los tomates frescos.

En el caso de las muestras sometidas al tratamiento T₃A se observa que presentaron el recuento más alto, incluso si lo comparamos con el control T₀A se nota una gran diferencia entre los recuentos. Por otro lado, el tratamiento T₃R y el control T₀R obtuvieron la misma cuantificación de este tipo de microorganismos. Por lo tanto, se infiere que la solución de

aceite esencial de clavo al 0.05% no tiene el poder suficiente para inhibir el crecimiento microbiano, sino que actúa como medio de enriquecimiento.

4.1.5.2. Recuento de mohos y levaduras

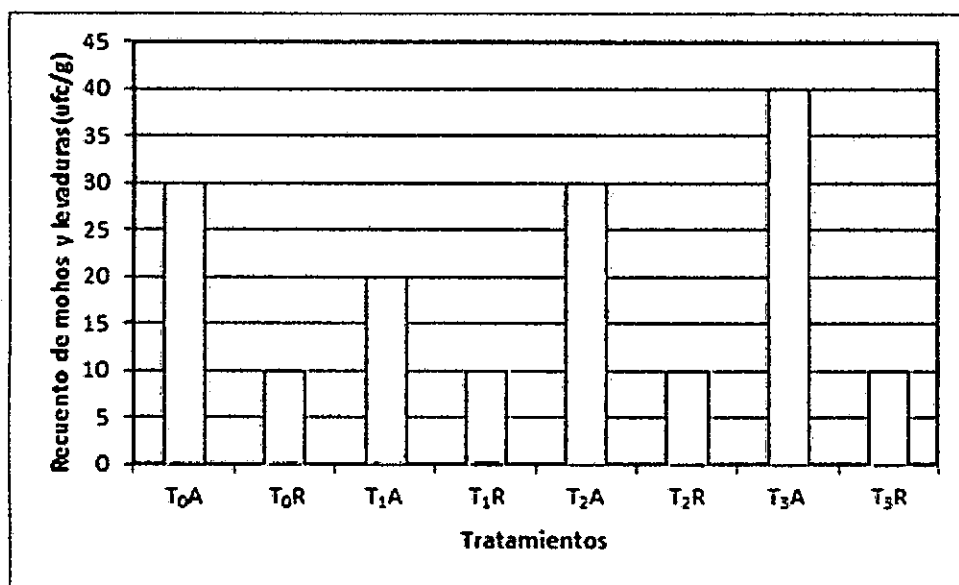


Figura 13. Recuento total de mohos y levaduras por cada tratamiento

En la Figura 13, se muestran los recuentos totales de mohos y levaduras en muestras de tomate luego de 10 días desde su almacenamiento. Las muestras almacenadas en refrigeración (T₁R, T₂R, T₃R y T₀R) no presentaron crecimiento fúngico a causa de las bajas temperaturas que evitan el desarrollo microbiano. En el caso de los tratamientos almacenados al ambiente, se evidencia una leve proliferación de mohos y levaduras; entre este grupo de tratamientos el T₁A es el que posee mayor efecto antifúngico. En todos los casos, la cuantificación de este tipo de microorganismos no presenta valores que pongan en riesgo la salud del consumidor, ya que según los requisitos microbiológicos para el tomate mencionados en la Tabla 3, el límite inferior de mohos y levaduras es de 10² ó 100 ufc/g.

El tratamiento T₁A es el más eficaz para evitar la reproducción de mohos y levaduras en muestras almacenadas al ambiente; dicho de otro modo, la solución de aceite esencial de clavo al 0.15% posee el mayor poder antifúngico para la conservación de los tomates al ambiente.

El mayor recuento se obtuvo en el tratamiento T₃A a causa de lo que se mencionó anteriormente de la solución de aceite esencial de clavo al 0.05%, la cual no posee suficiente poder antimicrobiano.

Transcurridos 8 días desde el almacenamiento se evidenció que 4 muestras de tomate sometidas al tratamiento T₃A, designadas para los análisis físico-químicos, presentaron signos de contaminación fúngica, del mismo modo, 2 muestras control T₀A luego de 9 días presentaban los mismos síntomas; finalmente una muestra de T₁A y dos de T₂A presentaron signos de contaminación luego de 12 días. Dicho esto se sabe que al cumplirse 12 días desde el almacenamiento, se obtiene una pérdida de 9 de las 48 muestras almacenadas al ambiente para los análisis físico-químicos, cuya representación corresponde al 18.75 % de las muestras. Los géneros de hongos presentes en los tomates contaminados son *Alternaria* spp y *Rhizopus* spp, los cuales se determinaron en base a lo mencionado por Andrade *et al.* (2014), quienes describen a *Alternaria* como un moho que ocasiona podredumbre negra en tomates cuya enfermedad se caracteriza por presentar manchas pardas deprimidas o cóncavas recubiertas irregularmente de un enmohecimiento negro y que es causada por el agua libre en el fruto; y de *Rhizopus* mencionan que es un hongo filamentoso que genera la enfermedad conocida como pudrición algodonosa y que el daño se observa como una pudrición blanca y blanda en los frutos, es progresiva e irreversible.

4.1.5.3. Recuento de *Escherichia coli* y *Salmonella*

En los análisis microbiológicos realizados a las muestras de tomate no se evidenció el crecimiento de bacterias enteropatógenas de los géneros *Escherichia* y *Salmonella*, de lo cual se deduce que durante la experimentación se trabajó rigurosamente a fin de evitar la contaminación por estos organismos que resultan patógenos para el ser humano, también se atribuye el mérito al aceite esencial de clavo por aportar sus propiedades antimicrobianas evitando así la proliferación de estos microorganismos.

Estudios demuestran que la mayoría de las propiedades antibacterianas frente a microorganismos patógenos por parte de los aceites esenciales se debe en un alto porcentaje de compuestos fenólicos como es el caso del eugenol presente en el clavo, el

cual es capaz de desintegrar la membrana externa de bacterias gastrointestinales y ocasionarles la muerte. (Garde, 2013)

4.1.6. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó al transcurrir 10 días desde el almacenamiento de las muestras. Los resultados de la evaluación de los atributos sensoriales se muestran a continuación.

4.1.6.1. Color

Según De la Torre *et al.* (2008), el color del tomate maduro debe ser rojo intenso y uniforme; además, es una característica de calidad extremadamente importante, ya que determina la madurez y vida post cosecha, y es el factor determinante en cuanto a la aceptabilidad por parte del consumidor.

Luego de realizar el Análisis de Varianza para el atributo Color, se evidencia en la Tabla C-17 que solo el método de conservación influye considerablemente sobre este parámetro, más no el tratamiento.

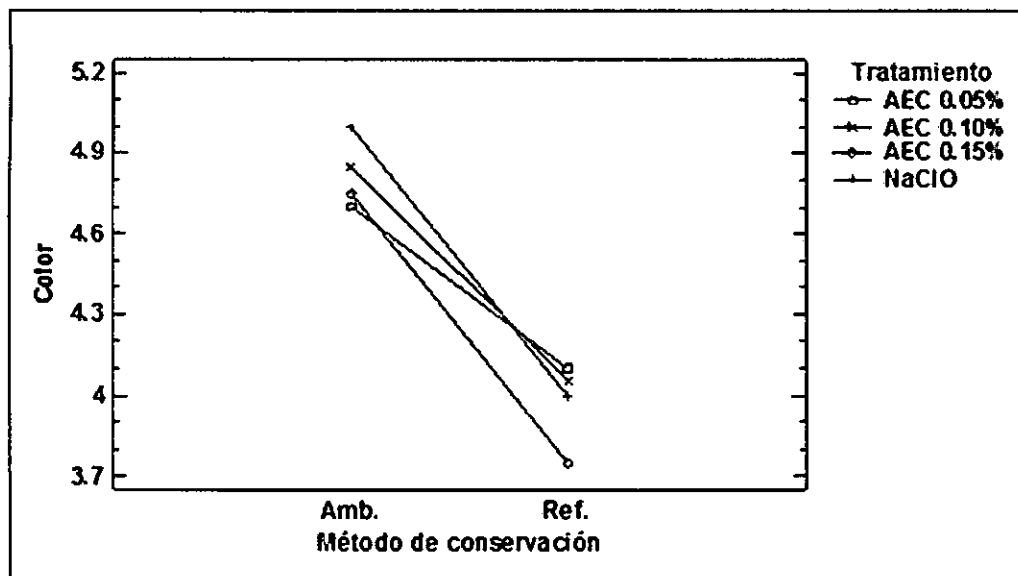


Figura 14. Gráfico de interacciones para el color

En la Figura 14, se muestra la interacción de los factores método de conservación y tratamiento sobre el color. Se aprecia que las mejores puntuaciones se obtienen almacenando las muestras al ambiente, donde el tratamiento T_0A obtuvo la mejor calificación, seguido de los tratamientos T_2A , T_1A y T_3A ; también se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos almacenados dentro de un mismo grupo de conservación.

4.1.6.2. Olor

Según los resultados obtenidos en el análisis sensorial, los tomates tratados con aceite esencial de clavo presentaron aromas agradables. La Tabla ANOVA para el Olor (Tabla C-20), resume que el factor tratamiento y la interacción de este con el método de conservación, causan efectos significativos sobre el olor; por otro lado, el método de conservación actuando individualmente no causa efectos significativos.

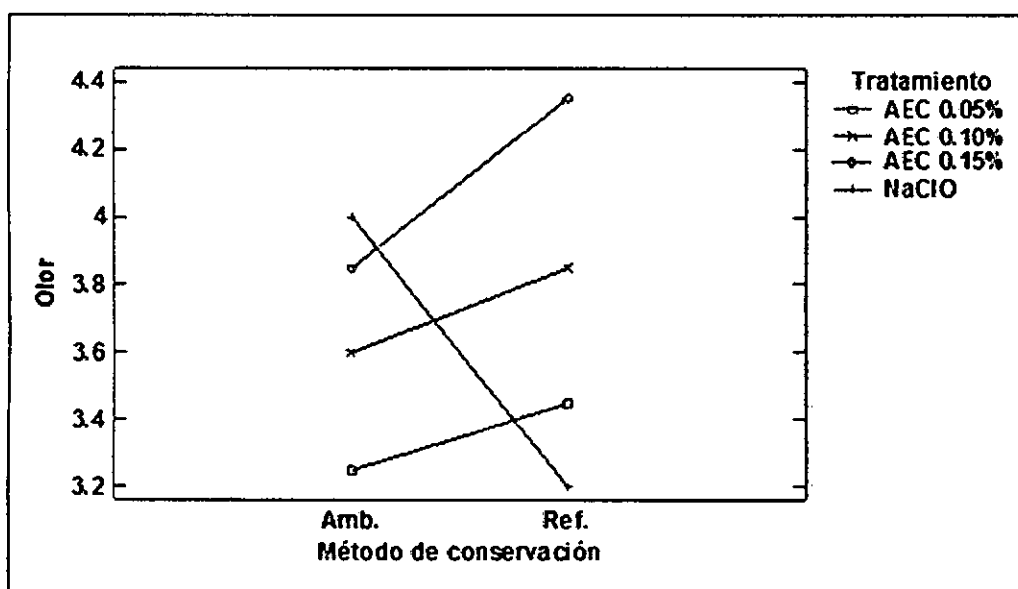


Figura 15. Gráfico de interacciones para el olor

La Figura 13, muestra la interacción del método de conservación y el tratamiento sobre el olor. Se observa que, de cada tratamiento con aceite esencial de clavo, se obtienen mejores calificaciones cuando las muestras son almacenadas en refrigeración. El mejor tratamiento para el atributo olor, es el T_1R , en el cual los catadores percibían un aroma muy agradable.

4.1.6.3. Sabor

En la tabla ANOVA para el sabor (Tabla C-23), se evidencia que los factores tratamiento, método de conservación y la interacción de ambos producen efectos considerables sobre el sabor. Las mejores puntuaciones de este atributo la obtuvieron los tratamientos T₀A, T₁A y T₀R en el orden como se mencionan.

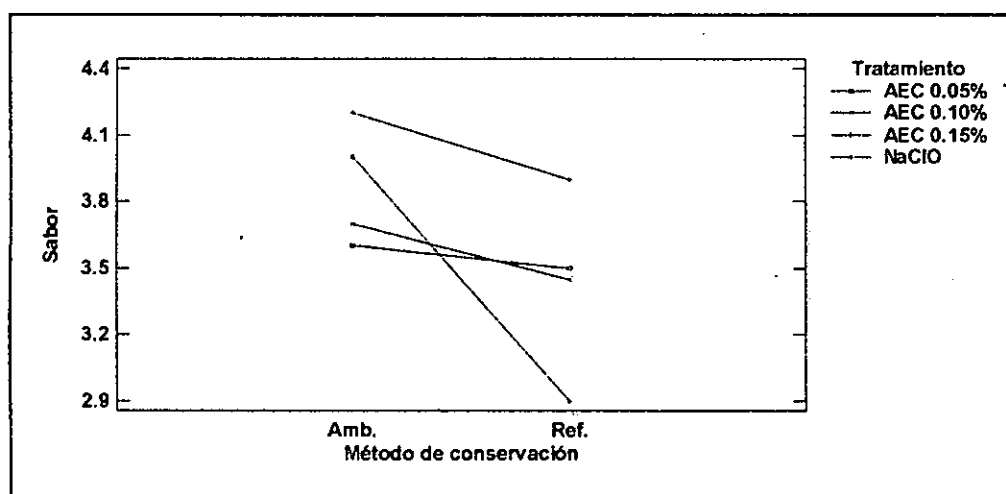


Figura 16. Gráfico de interacciones para el sabor

En la Figura 14, se muestra el efecto de la interacción del método de conservación y el tratamiento sobre el sabor, se aprecia que se obtienen mejores calificaciones de este atributo cuando las muestras son almacenadas al ambiente; como se mencionó anteriormente los tomates en refrigeración pierden todo su sabor a consecuencia del aire frío que detiene el proceso de maduración. Según Mikkelsen (2005), la intensidad del sabor del tomate está determinada en su gran mayoría por la cantidad de azúcar (principalmente fructosa y glucosa), el contenido de ácidos orgánicos (cítrico y málico) y la composición de los compuestos volátiles.

Durante la realización del análisis sensorial se determinó que los catadores relacionan el sabor del tomate con los sólidos solubles y la acidez; los cuales afirmaban que contenidos altos de azúcar y ácidos le proporcionan un mejor sabor al tomate.

4.1.6.4. Textura

Moreno *et al.* (2012), informan que la textura de los tomates se ve afectada por la pérdida de agua, la pérdida de presión de turgencia en las células, desnaturalización de proteínas y degradación de almidones durante el almacenamiento. Por lo tanto, para los consumidores, la determinación de este atributo de calidad es fundamental para la aceptabilidad del producto.

Según la Tabla ANOVA para la Textura (Tabla C-26), el método de conservación, el tratamiento y la interacción de ambos factores ocasionan efectos significativos sobre la textura de los tomates.

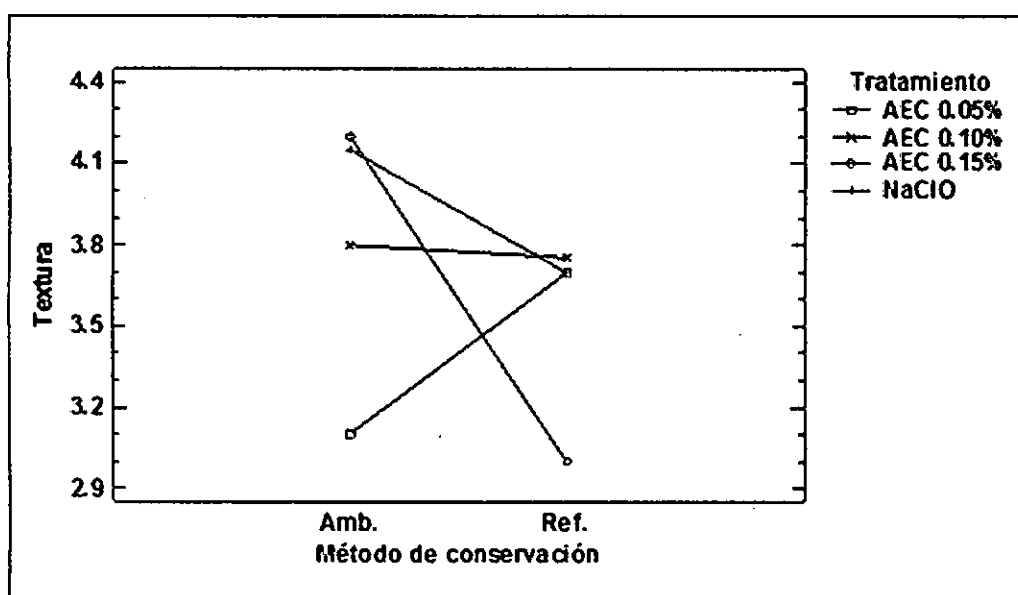


Figura 17. Gráfico de interacciones para la textura

La Figura 15, muestra la interacción del método de conservación y el tratamiento sobre la textura de los tomates. Se observa que en la mayoría de los casos, las mejores texturas se obtuvieron almacenando las muestras al ambiente. Como menciona Sidhe (2005), los tomates en refrigeración se ven afectados perjudicialmente por el frío, dado que este rompe las membranas de la fruta y lo hace más harinoso. Según los resultados del análisis sensorial, los tratamientos que obtuvieron las mejores calificaciones de textura son el T₁A y T₀A.

4.1.6.5. Aceptabilidad

La aceptación de los alimentos es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre en un momento determinado. Por un lado, las características del alimento (composición química y nutritiva, estructura y propiedades físicas) y por otro, las de cada consumidor (genéticas, etarias, estado fisiológico y psicológico) y las del entorno que le rodea (hábitos familiares y geográficos, religión, educación, moda, precio o conveniencia de uso), influyen en su actitud en el momento de aceptar o rechazar un alimento. (Costell, 2001)

La evaluación de los atributos de color, olor, sabor y textura, se traduce en el resultado conjunto de la sensación que experimentan los catadores para aceptar o rechazar las muestras de tomate, dicho de otro modo, estos parámetros sensoriales en conjunto con el método de conservación y el tratamiento, son factores que influyen en la aceptabilidad.

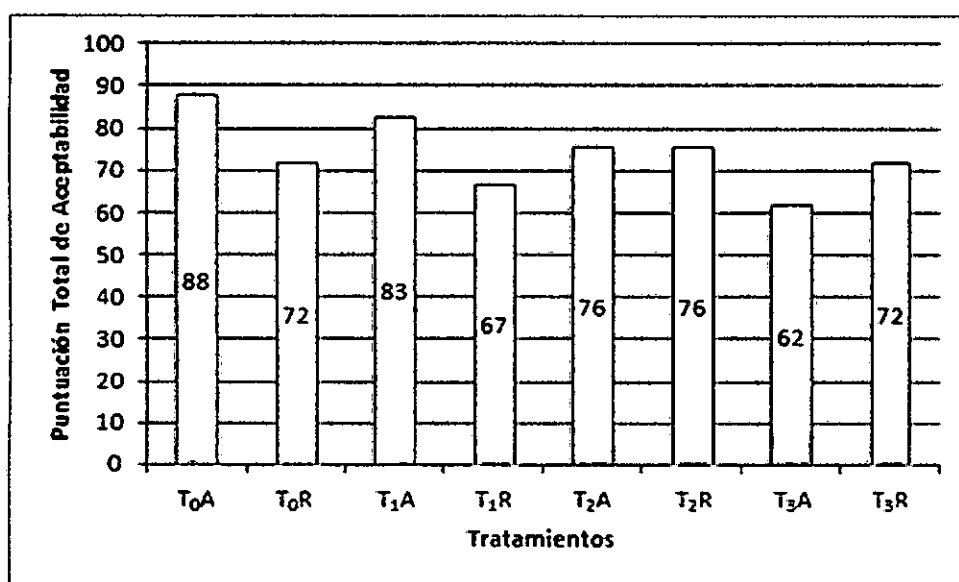


Figura 18. Puntuación total de aceptabilidad por cada tratamiento

La Figura 16, muestra la puntuación total de aceptabilidad de cada uno de los tratamientos de la experimentación, incluidos los controles. Se observa que no existe diferencia significativa entre el control T₀A y el tratamiento T₁A, cuyas puntuaciones fueron las más altas; de esto se infiere que tan aceptable como optar por un tomate fresco almacenado al ambiente, es seleccionar un tomate tratado con solución de aceite esencial

de clavo al 0.15% almacenado en las mismas condiciones y que posee un buen color, olor, sabor y textura. Por otro lado, el tratamiento con menor aceptabilidad fue el T₃A.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE TOMATES FRESCOS

Como se mencionó anteriormente, con la aplicación de los tratamientos de aceite esencial de clavo de olor y un adecuado almacenamiento, se pretendía extender el tiempo de vida útil de los tomates hasta doce días, manteniendo sus características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas en óptimas condiciones para el consumo.

Los valores de los recuentos de bacterias enteropatógenas (*Escherichia coli* y *Salmonella*), aerobios mesófilos, mohos y levaduras en todos los tratamientos presentaron calidad microbiológica aceptable. Para el caso de los análisis físico-químicos de las muestras de tomate, tanto en los tratamientos almacenados al ambiente y en refrigeración se obtienen resultados similares o sin diferencia significativa entre ellos, lo que implica que todos retardan la maduración normal del fruto. Los valores de pH, sólidos solubles y acidez de los tomates al final de la experiencia se encuentran dentro de rangos relacionados con un aroma y sabor óptimos según estudios mencionados anteriormente. Respecto a la pérdida de peso, la temperatura de refrigeración evita mayores pérdidas de agua, pero en los tomates no es recomendable este medio de conservación dado que afecta sus características organolépticas tal como se apreció en el análisis sensorial, donde el color no presentó una tonalidad homogénea de un rojo maduro, la textura se tornó pastosa y el sabor no fue tan agradable. Además, según Sidhe (2015), los tomates en refrigeración pierden todo su sabor a consecuencia del aire frío que detiene el proceso de maduración de este producto; también se altera la textura dado que el frío rompe las membranas de la fruta y lo hace más harinoso.

El tratamiento más aceptable según los resultados del análisis sensorial fue el T₁A, en el cual las muestras de tomate almacenadas al ambiente presentaron una buena combinación de color, olor, sabor y textura.

De acuerdo a los resultados de todos los análisis realizados se identificó que el tratamiento adecuado para extender la vida útil de los tomates es el T₁A, es decir, los tomates tratados con la solución antimicrobiana de aceite esencial de clavo al 0.15% y

almacenados al ambiente cumplen con lo requerido en cuanto a características bioquímicas, alargamiento de la maduración, calidad microbiológica y son aceptados por el consumidor.

Luego de identificar el mejor tratamiento (T_1A), se determinó la vida útil del tomate fresco en base a los días que permaneció en almacenamiento, siempre que sus características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales se mantengan en buenas condiciones.

El análisis sensorial se realizó antes de cumplirse los doce días que se pretendía que alcancen las muestras de tomate tratadas con aceite esencial de clavo, el objetivo fue el de conocer las características de las muestras y determinar el fin de la vida útil sensorial del alimento, además se buscó estar razonablemente seguro de que el consumidor no va a encontrar un sabor, textura y olor extraño antes de la fecha de vencimiento. El análisis sensorial se realizó al cumplirse 10 días de almacenamiento.

Transcurridos los doce días se apreció que una muestra sometida al tratamiento T_1A y dos al T_2A presentaron signos de contaminación, por lo que se determinó que en ambos casos el tratamiento con aceite esencial de clavo les confiere a los tomates un tiempo de vida útil de 10 días.

Tabla 12. Vida útil de los tomates frescos para tratamientos almacenados al ambiente.

Tratamiento	Vida útil
T_0A	7 días
T_1A	10 días
T_2A	10 días
T_3A	6 días

En la Tabla 12, se presenta el tiempo de vida útil de los tomates por cada tratamiento del grupo de almacenamiento al ambiente. Con el control T_0A se logra conservar los tomates frescos durante 7 días, mientras que con los tratamientos T_1A y T_2A se extiende su vida útil hasta 10 días. Aunque con los tratamientos T_1A y T_2A se obtiene el mismo tiempo de vida útil, se determinó que el mejor tratamiento es el T_1A dado que las muestras de tomate presentaron mejor calidad microbiológica y fueron las más aceptadas. El menor tiempo de vida útil es para los tomates sometidos al tratamiento T_3A , de lo cual

se infiere que la solución de aceite esencial de clavo al 0.05% no tiene el poder suficiente para inhibir el crecimiento microbiano, sino que actúa como medio de enriquecimiento.

Según Reina (2008), el tomate hortícola fresco posee un tiempo de vida útil de seis días en condiciones de post-cosecha y expendio, por lo tanto con la aplicación de los tratamientos de aceite esencial de clavo en soluciones al 0.15% y el manejo adecuado de su almacenamiento a temperatura ambiente, se extiende el tiempo de vida útil hasta diez días, manteniendo sus características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas en óptimas condiciones para el consumo.

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En base a los resultados de los recuentos microbiológicos y los análisis de varianza de los parámetros físico-químicos y sensoriales aplicando un 95% del nivel de confianza, se acepta la hipótesis alternativa H_1 : La concentración de la solución de aceite esencial de clavo y el método de conservación influyen sobre la caracterización e incremento de la vida útil del tomate fresco; y se rechaza la hipótesis nula H_0 : La concentración de la solución de aceite esencial de clavo y el método de conservación no influyen sobre la caracterización e incremento de la vida útil del tomate fresco.

Las Tablas: C-1, C-5, C-9, C-13, C17, C-20, C-23, C-26 y C-29 detallan el análisis de varianza de los parámetros físico-químicos y sensoriales, en las cuales se aprecia que al menos uno de los factores entre la concentración de la solución de aceite esencial de clavo y el método de conservación poseen un efecto estadísticamente significativo sobre dichos parámetros, puesto que presentan valores P menores a 0.05 a un 95% de nivel de confianza.

En consecuencia se comprueba que el poder antimicrobiano de las soluciones de aceite esencial de clavo y el método de conservación afectan significativamente las características físico-químicas (pérdida de peso, pH, °Brix y acidez) y sensoriales (color, olor, sabor, textura y aceptabilidad), además de favorecer las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad de los tomates frescos y contribuir al incremento de la vida útil del producto.

CONCLUSIONES

1. Aunque la temperatura de refrigeración evita mayores pérdidas de agua y conserva algunos alimentos por mucho más tiempo, en los tomates no es recomendable debido a que se ven perjudicadas sus características organolépticas tal como se apreció en el análisis sensorial, donde el color no presentó una tonalidad homogénea de un rojo maduro, la textura se tornó harinosa a causa del aire frío que rompe las membranas de la fruta y el sabor no fue tan agradable dado que se detiene el proceso de maduración; por lo expuesto los tomates frescos deben almacenarse a temperatura ambiente.
2. De acuerdo a la Norma Técnica Sanitaria N°071 – Minsa/Digesa – V.01 (2008), los recuentos de los microorganismos de estudio en este experimento (aerobios mesófilos, *E. coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras) se encuentran dentro de los límites permisibles asegurando la calidad sanitaria e inocuidad de los tomates frescos. Según los resultados de los análisis microbiológicos, en todos los tratamientos los tomates presentaron calidad microbiológica aceptable a causa del aceite esencial de clavo de olor que actúa como agente antimicrobiano.
3. Respecto a los análisis físico-químicos de las muestras de tomate, tanto en los tratamientos almacenados al ambiente y en refrigeración se obtuvieron resultados similares o sin diferencia significativa entre ellos, lo que implica que en todos los casos se retarda la maduración normal del fruto. Los valores de pH, sólidos solubles y acidez de los tomates al final de la experiencia se encuentran dentro de rangos relacionados con un aroma y sabor óptimo de acuerdo a los parámetros definidos en otras investigaciones por especialistas en temas alimentarios.
4. El color del tomate se ve afectado por el método de conservación, tal es así que las muestras almacenadas al ambiente presentaron una mejor tonalidad del rojo que las que estuvieron en refrigeración. En cuanto al olor y sabor los tomates tratados con aceite esencial de clavo presentaron aromas agradables y buen gusto cuando son almacenados al ambiente, por otro lado la textura se ve afectada cuando las muestras se almacenan en refrigeración debido a que el frío rompe las membranas de la fruta y lo hace más harinoso.

5. Sólo se determinó la vida útil de los tomates almacenados al ambiente, debido a que la refrigeración resulta perjudicial para la calidad organoléptica de este producto. Con el control T_0A se logra conservar los tomates frescos durante 7 días, mientras que con los tratamientos T_1A y T_2A se extiende su vida útil hasta 10 días. Aunque con los tratamientos T_1A y T_2A se obtiene el mismo tiempo de vida útil, se determinó que el mejor tratamiento es el T_1A debido a que las muestras de tomate presentaron mejor calidad microbiológica y fueron las más aceptadas. El menor tiempo de vida útil es para los tomates sometidos al tratamiento T_3A , de lo cual se infiere que la solución de aceite esencial de clavo al 0.05% no tiene el poder suficiente para inhibir el crecimiento microbiano, sino que actúa como medio de enriquecimiento.
6. Luego de realizar el experimento y en base a los resultados obtenidos en todos los análisis, se concluye que el tratamiento postcosecha más adecuado para el mantenimiento de la calidad, el incremento de la vida útil y la aceptabilidad del tomate fresco es el T_1A , es decir, los tomates tratados con la solución antimicrobiana de aceite esencial de clavo al 0.15% y almacenados al ambiente cumplen con lo requerido en cuanto a características bioquímicas, alargamiento de la maduración, calidad microbiológica y son aceptados por el consumidor.
7. Finalizada la experiencia se confirma que el aceite esencial de clavo de olor posee propiedades conservantes y antimicrobianas que permiten alargar el tiempo de vida útil del tomate manteniendo sus características de calidad en buenas condiciones. El poder antimicrobiano del aceite esencial de clavo depende de la concentración de la solución; se evidenció que la solución al 0.15% es más efectiva para conservar la calidad de los tomates y extender su vida útil, por otro lado, la concentración al 0.05% no posee el poder suficiente para cumplir el mismo objetivo.

RECOMENDACIONES

Para utilizar los aceites esenciales y sus múltiples propiedades con seguridad en la industria de alimentos, es necesario conocer algunas precauciones y recomendaciones como el del uso de la dosis adecuada en fin de no alterar las propiedades organolépticas de los productos y proteger la salud del consumidor.

Se recomienda evaluar el efecto de la combinación de dos o más agentes antimicrobianos naturales para la conservación de la calidad microbiológica de alimentos, debido a que un microorganismo puede ser resistente a la inhibición o eliminación de un solo antimicrobiano, pero al ser expuesto a la combinación de más agentes puede verse severamente afectado por la interacción de la mezcla.

Se sugiere a los investigadores de la industria alimentaria, que consideren la posibilidad del uso de aceites esenciales naturales en la conservación de alimentos, debido a sus propiedades de controlar el crecimiento de microorganismos patógenos causantes de enfermedades. Si bien en diversos estudios se ha logrado comprobar la eficacia del poder antimicrobiano de los aceites esenciales de origen natural "*in vitro*", son relativamente pocos los estudios sobre la actividad antimicrobiana de aceites esenciales en sistemas modelo de alimentos o en alimentos propiamente dichos.

El uso del aceite esencial de clavo de olor representa una alternativa prometedora para la conservación de alimentos debido a que en otras investigaciones se ha demostrado su actividad inhibidora en el crecimiento de bacterias, levaduras, hongos y la síntesis de toxinas microbianas. Por tal razón, se invita a los estudiantes, profesionales de la materia e interesados en el tema, que realicen más investigaciones del empleo de esta sustancia con el fin de asegurar la producción de alimentos microbiológicamente estables.

BIBLIOGRAFÍA

Aliments-riches.net. (2015). *Composition Épices, clou de girofle*. Recuperado el 28 de Enero de 2015, de <http://aliments-riches.net/eacutepices-clou-de-girofle-moulu,179.html>

Álvarez, N., & Bagué, A. (2012). *Tecnología Farmacéutica*. San Vicente (Alicante): Editorial Club Universitario.

Anderson, F., & Martínez, P. (2009). *Experimentos de Química Orgánica*. Armenia: Editorial Elizcom.

Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M., & Osorio, O. (2014). *Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea S.)*. Trabajo de Investigación, Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria (TEA). Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n6/art08.pdf>.

AOAC - Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Determinación de pH*. AOAC 981.12. Cap.42. Arlington, Virginia.

AOAC - Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Jugos de Frutas y Derivados – Acidez titulable*. AOAC 942.15. Cap. 37.10. Arlington, Virginia.

AOAC - Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Sólidos solubles en productos de tomate*. AOAC 970.59. Cap.42. Arlington, Virginia.

Arana, I., Jarén, C., Arazuri, S., García, M., Ursua, A., & Riga, P. (2007). *Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad*. Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de <http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf>.

Bauert, K., Garbe, D., & Surburg, H. (2001). *Common Fragrance and Flavor Materials: Preparation, Properties and Uses* (Cuarta ed.). Holzminden: Wiley-VCH.

Botanical Online. (2015). *El clavo de olor como especia*. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de <http://www.botanical-online.com/clavoespecia.htm>

Brouwer, C. (2006). *El Tomate, sus Datos e Historia*. Hoja de Información de Jardinería, Extensión Cooperativa de Texas del Condado de Harris. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de <http://harris.agrilife.org/files/2011/05/eltomate.pdf>.

Cailliet, S., & Lacroix, M. (2007). *Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire*. Resala. Laboratoire de Recherche en Sciences appliquées à l'Alimentation de Laval. Recuperado el 03 de Marzo de 2015, de http://www.labo-resala.com/fiches/fiches_huiles_essentiellees.pdf.

Calero, Y. (2014). *Productividad de tomate miniatura (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) bajo producción orgánica en invernadero en el valle de Mala*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Agronomía. Recuperado el 01 de Junio de 2015, de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Investigacion/Tesis/Tesis%20Sustentadas/Resumen%20Yvan%20Calero.pdf>.

Cantwell, M. (2004). *Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations*. University of California, South San Joaquin Valley, CA.

Castaño, M. (2012). *Evaluación de la capacidad conservante de los aceites esenciales de clavo (Syzygium aromaticum) y canela (Cinnamomum verum), sobre la levadura (Rhodotorula mucilaginosa) en leche*

chocolatada. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9149/1/43013611.2012.pdf>.

Codex Alimentarius. (2007). *CODEX STAN 293-2007. Norma del Codex para el Tomate*.

Costell, E. (2001). *La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer*. Recuperado el 09 de Setiembre de 2015, de <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/823/830>

Cruz, R., Gonzales, J., & Sánchez, P. (2012). *Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno*. Universidad de León, Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Recuperado el 26 de Febrero de 2015, de <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/6302.pdf>.

De la Torre, R., Gonzáles, C., & Ciruelos, A. (2008). *Parámetros de calidad en el tomate para industria*. Madrid: AMV Ediciones.

Figuerola, F., & Rojas, L. (1993). *Procesamiento de frutas y hortalizas mediante metodos artesanales y de pequeña escala. Cap. 5: Procesos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

García, J. (2007). *Espicias, delicias exóticas*. Barcelona: Intermón Oxfam.

Garde, G. (2013). *Cuantificación de la retención de Carvacrol y Eugenol durante la formación de películas comestibles activas*. Tesis de Grado, Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Pamplona. Recuperado el 21 de Febrero de 2015, de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6907/577985.pdf?sequence=1>.

Geilfus, F. (1994). *El árbol al servicio del agricultor* (Vol. II. Guía de especies). Turrialba: Enda-Caribe.

Guiza, D., & Rincón, L. (2007). *Estudio del Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial de Minthostachys mollis combinado con Inactivación Térmica, sobre Cepas de Listeria monocytogenes y Bacillus cereus*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Industrial, Bogotá. Recuperado el 21 de Febrero de 2015, de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis101.pdf>.

Hall, V., Rocha, M., & Rodríguez, E. (2002). *Plantas Medicinales*. Universidad de Costa Rica, Centro Nacional de Información de Medicamentos. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de <http://sibdi.ucr.ac.cr/boletinespdf/cimed27.pdf>.

Hernández, J. (2013). *Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicum esculentum var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Recuperado el 21 de Febrero de 2015, de <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/9925/2013000000724.pdf?sequence=1>.

Hernández, M., Barrera, J., & Melgarejo, L. (2007). *Fisiología Post-cosecha*. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. Recuperado el 02 de Setiembre de 2015, de http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11_Cap09.pdf.

Hernández, P. (2011). *Encapsulación de Aceite Esencial de Clavo para su Aplicación en la Industria Alimentaria*. Tesis Doctoral, Universidad Católica San Antonio, Departamento de Tecnología de la Alimentación y Nutrición, Murcia. Recuperado el 19 de Enero de 2015, de <http://repositorio.ucam.edu/jspui/bitstream/10952/260/1/Tesis%20Pilar%20Hern%C3%A1ndez.pdf>

- ISO 6658 (2008). *Análisis sensorial de alimentos. Metodología. Guía general*. Madrid.
- ISO 6887 (1983). *Microbiología - Dirección general para la preparación de diluciones para examen microbiológico*. Madrid.
- ISO 7251 (2005). *Microbiología de alimentos y piensos - Método horizontal para la detección y recuento presuntivo de Escherichia coli – Técnica del número mas probable*. Madrid.
- ISO 7954 (1987). *Microbiología - Orientaciones generales para la enumeración de levaduras y mohos - técnica de recuento de colonias a 25°C*. Madrid.
- Lamua, M. (2000). *Aplicación del Frío a los Alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Leite, E., Montenegro, T., De Oliveira, E., Nogueira, V., & Barbosa, J. (2005). *Antimicrobial Effectiveness of Spices: an Approach for Use in Food Conservation Systems*. Recuperado el 24 de Enero de 2015, de <http://www.scielo.br/pdf/babt/v48n4/25717.pdf>
- Lewis, M. (1993). *Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado*. Zaragoza: Acribia.
- Mazzafera, P. (2003). *Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol*. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Fisiologia Vegetal. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v26n2/a11v26n2.pdf>.
- Mikkelsen, R. (2005). *Sabor del tomate y nutrición de la planta*. Recuperado el 08 de Setiembre de 2015, de [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/48F55702806B860F052570C00077E757/\\$file/Sabor+del+Tomate+y+la+Nutrici%C3%B3n+de+la+Planta.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/48F55702806B860F052570C00077E757/$file/Sabor+del+Tomate+y+la+Nutrici%C3%B3n+de+la+Planta.pdf)
- MINSA/DIGESA. (2008). *NTS N° 071 - V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Lima.
- Moreno, D., Sierra, H., & Díaz, C. (2012). *Color y textura, características asociadas a la calidad de tomate deshidratado*. Recuperado el 09 de Setiembre de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914058.pdf>
- NF EN ISO 4833 (2014). *Microbiología de la cadena alimentaria. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Parte 1: Recuento de colonias a 30 ° C mediante la técnica de siembra en profundidad*. Madrid.
- NF EN ISO 6579 (2002). *Microbiología de los alimentos para consumo humano y alimentación animal. Método horizontal para la detección de Salmonella spp*. Madrid.
- Numata, K., & Keishiro, I. (2012). *Estudio sobre el caso de la producción creciente del tomate en los desiertos mediante el sistema agrario con poco insumo: desafíos en la zona costera del Perú*. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_14_Esp_02.pdf.
- Ortuño, M. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Valencia: Aiyana Ediciones.
- Pérez, E., & López, A. (2011). *Tecnologías involucradas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas*. Programa de Maestría en Ciencia de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Puebla. Recuperado el 21 de Febrero de 2015, de [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-P%C3%A9rez-Pérez-et-al-2011.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-P%C3%A9rez-Pérez-et-al-2011.pdf).
- Pesantez, G. (2010). *Empleo de aceites esenciales para mejorar la conservación de tomate fresco cortado*. Trabajo de Tesis de Maestría en Tecnología e Higiene de los Alimentos, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/42269/Documento_completo_.pdf?sequence=1.

Peynaud, E. (1987). *El Gusto del Vino*. Madrid: Mundi-Prensa.

Pilco, S., Quito, M., & Quispe, S. (2009). *Conservación de Pan Artesanal Ezequiel y Pan Superbueno Usando Aceite Esencial de Clavo de Olor (Eugenia caryophyllus)*. Universidad Peruana Unión, Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Alimentos. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://investigacion.upeu.edu.pe/images/Journal/RV01/Pilco-Silvia.pdf>.

Potter, N., & Hotchkiss, J. (1999). *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.

Primo, E. (1995). *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria*. Barcelona: Reverté.

Región de Murcia Digital. (2015). *Clavo*. Recuperado el 27 de Enero de 2015, de http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2719,&r=ReP-20592-DETALLE_REPORTAJES

Reina, C. (2008). *Manejo Post-cosecha y Evaluación de Calidad de Tomate que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Universidad Sur de Colombia, Facultad de Ingeniería Agrícola.

Reyes, M., Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., & Ganoza, L. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Lima.

Rodríguez, L. (2013). *El Tomate Industrial*. Ministerio de Agricultura, Recupero el 08 de Setiembre de 2015, de <http://www.agricultura.gob.do/perfiles/los-vegetales/el-tomate-industrial/?export=pdf>, Santo Domingo - República Dominicana.

Sandoval, D. (2014). *Desarrollo de una película comestible aplicando moléculas proteicas lácteas y pretratamientos de aceites esenciales para extender la vida de anaquel de tomate hortícola fresco (Lycopersicum esculentum)*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Recuperado el 04 de Setiembre de 2015, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8427/1/AL%20537.pdf>.

Sidhe, W. (2015). *La mejor forma de guardar tomates frescos*. Recuperado el 01 de Setiembre de 2015, de http://www.ehowenespanol.com/mejor-forma-guardar-tomates-frescos-manera_168384/

Troxler, S. (2007). *Tomate*. Departamento de Agricultura y Servicios de Consumo de Carolina del Norte, División de Protección de Alimentos Y Drogas.

Velázquez, M. J. (2010). *Acción antifúngica del aceite esencial de cáscara de naranja, aplicado por adición directa o por generación de vapores*. Tesis de Licenciatura. Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Recuperado el 05 de Febrero de 2015, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/velazquez_n_mj/capitulo4.pdf.

Waliszewski, K., & Blasco, G. (2009). *Propiedades nutraceuticas del licopeno*. Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Recuperado el 26 de Febrero de 2015, de <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v52n3/10.pdf>.

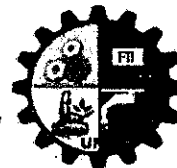
Zekaria, D. (2007). *Los aceites esenciales, una alternativa a los antimicrobianos*. Trabajo Técnico, Laboratorios Calier, Barcelona. Recuperado el 08 de Enero de 2015, de http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word_-_Aceites_esen_como_promotores.pdf.

ANEXOS

Anexo A. Hoja de Catación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



Nombre:

Fecha:

Evalúe detenidamente las muestras de tomate que se presentan a continuación, después de degustar la primera muestra beba agua, enjuague su boca y siga con la siguiente muestra, repita el procedimiento hasta completar todas las muestras. En el formato que se le presenta deberá calificar las muestras marcando un recuadro por cada atributo.

PARAMETROS	MUESTRAS							
	T ₀ A	T ₀ R	T ₁ A	T ₁ R	T ₂ A	T ₂ R	T ₃ A	T ₃ R
COLOR								
Rojo								
Rojo claro								
Rosa								
Rayando								
Quebrando								
OLOR								
Agrada mucho								
Agrada poco								
Ni agrada ni desagrada								
Desagrada								
Desagrada mucho								
SABOR								
Agrada mucho								
Agrada poco								
Ni agrada ni desagrada								
Desagrada								
Desagrada mucho								
TEXTURA								
Muy consistente								
Consistente								
Ni consistente ni blando								
Blando								
Muy blando								
ACEPTABILIDAD								
Muy aceptable								
Aceptable								
Casi aceptable								
Inaceptable								
Muy inaceptable								

Anexo B. Datos obtenidos de los análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales

Análisis Físico-químico

Tabla B-1. Pérdida de peso (%) en función del tiempo con réplicas para todos los tratamientos

Tratamiento	Día 3		Día 6		Día 8		Día 10	
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂
T ₀ A	1.63	1.57	1.81	1.82	2.19	2.49	2.53	3.02
T ₀ R	1.06	1.11	1.55	1.71	1.91	1.75	2.00	2.00
T ₁ A	1.26	1.15	1.62	1.85	2.07	2.11	3.31	2.70
T ₁ R	0.81	0.92	1.55	1.50	1.63	1.89	2.33	2.28
T ₂ A	1.49	1.15	1.87	2.57	2.55	2.73	3.38	3.21
T ₂ R	1.16	1.00	2.55	1.93	2.65	2.56	2.69	2.66
T ₃ A	1.96	1.34	2.18	2.20	2.21	2.68	2.85	2.53
T ₃ R	0.67	0.83	2.15	2.39	2.19	2.36	2.63	2.50

Tabla B-2. Pérdida de peso (%) promedio en función del tiempo para todos los tratamientos

Tratamiento	Día				
	0	3	6	8	10
T ₀ A	0	1.60	1.82	2.34	2.77
T ₀ R	0	1.09	1.63	1.83	2.00
T ₁ A	0	1.21	1.73	2.09	3.01
T ₁ R	0	0.87	1.53	1.76	2.31
T ₂ A	0	1.32	2.22	2.64	3.29
T ₂ R	0	1.08	2.24	2.61	2.68
T ₃ A	0	1.65	2.19	2.44	2.69
T ₃ R	0	0.75	2.27	2.28	2.57

Tabla B-3. Valores de pH para todos los tratamientos con réplicas obtenidos durante el almacenamiento

Tratamiento	Día 0		Día 3		Día 6		Día 8		Día 10	
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂
T ₀ A	4.89	4.90	5.02	4.92	5.03	4.93	5.00	5.00	5.08	4.99
T ₀ R	4.82	4.83	4.93	4.92	4.97	4.97	4.91	5.00	5.00	5.02
T ₁ A	4.87	4.81	4.85	4.83	4.92	4.90	5.04	5.03	5.04	5.06
T ₁ R	4.86	4.76	4.85	4.86	4.90	4.84	4.93	4.95	5.08	4.98
T ₂ A	4.90	4.82	4.90	4.85	4.89	4.99	4.95	5.04	4.97	5.01
T ₂ R	4.88	4.81	4.98	4.87	4.99	4.95	4.97	5.04	5.05	4.98
T ₃ A	4.78	4.88	4.90	4.84	4.86	4.95	4.94	4.98	4.98	5.04
T ₃ R	4.76	4.85	4.84	4.88	4.89	4.93	4.97	4.94	5.00	4.95

Tabla B-4. Valores promedio de pH para todos los tratamientos

Tratamiento	Día 0	Día 3	Día 6	Día 8	Día 10
T ₀ A	4.90	4.97	4.98	5.00	5.04
T ₀ R	4.83	4.93	4.97	4.96	5.01
T ₁ A	4.84	4.84	4.91	5.04	5.05
T ₁ R	4.81	4.86	4.87	4.94	5.03
T ₂ A	4.86	4.88	4.94	5.00	4.99
T ₂ R	4.85	4.93	4.97	5.01	5.02
T ₃ A	4.83	4.87	4.91	4.96	5.01
T ₃ R	4.81	4.86	4.91	4.96	4.98

Tabla B-5. Solidos solubles (°Brix) para todos los tratamientos con réplicas obtenidos durante el almacenamiento

Tratamiento	Día 0		Día 3		Día 6		Día 8		Día 10	
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂
T ₀ A	4.20	3.80	4.40	4.20	4.20	4.40	4.80	4.60	5.00	5.00
T ₀ R	3.80	4.00	4.20	4.00	4.40	4.60	4.60	4.40	4.60	4.80
T ₁ A	4.00	3.60	4.60	4.40	4.80	4.80	4.80	4.60	5.00	4.80
T ₁ R	3.80	4.20	3.80	4.00	4.00	3.80	4.40	4.40	4.60	4.60
T ₂ A	4.20	4.00	4.20	4.40	4.00	4.80	4.40	4.40	4.00	5.20
T ₂ R	3.60	3.80	4.20	4.00	4.20	4.20	4.40	4.40	4.40	4.80
T ₃ A	4.00	4.00	4.40	4.40	4.20	4.60	4.80	4.20	4.80	4.80
T ₃ R	4.20	4.20	4.40	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	5.00	4.40

Tabla B-6. Solidos solubles (°Brix) promedio para todos los tratamientos

Tratamiento	Día 0	Día 3	Día 6	Día 8	Día 10
T ₀ A	4.00	4.30	4.30	4.70	5.00
T ₀ R	3.90	4.10	4.50	4.50	4.70
T ₁ A	3.80	4.50	4.80	4.70	4.90
T ₁ R	4.00	3.90	3.90	4.40	4.60
T ₂ A	4.10	4.30	4.40	4.40	4.60
T ₂ R	3.70	4.10	4.20	4.40	4.60
T ₃ A	4.00	4.40	4.40	4.50	4.80
T ₃ R	4.20	4.30	4.20	4.20	4.70

Tabla B-7. % Acidez para todos los tratamientos con réplicas obtenidos durante el almacenamiento

Tratamiento	Día 0		Día 3		Día 6		Día 8		Día 10	
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂
T ₀ A	0.288	0.307	0.307	0.307	0.461	0.397	0.435	0.512	0.448	0.410
T ₀ R	0.384	0.358	0.358	0.397	0.403	0.365	0.653	0.435	0.435	0.384
T ₁ A	0.358	0.358	0.307	0.320	0.397	0.416	0.528	0.548	0.442	0.512
T ₁ R	0.256	0.256	0.307	0.352	0.389	0.414	0.437	0.461	0.435	0.435
T ₂ A	0.358	0.333	0.422	0.384	0.288	0.435	0.653	0.576	0.576	0.486
T ₂ R	0.282	0.333	0.256	0.448	0.410	0.410	0.525	0.653	0.563	0.512
T ₃ A	0.288	0.416	0.499	0.333	0.512	0.512	0.512	0.640	0.538	0.499
T ₃ R	0.384	0.384	0.410	0.384	0.346	0.384	0.538	0.614	0.550	0.538

Tabla B-8. % Acidez promedio para todos los tratamientos

Tratamiento	Día 0	Día 3	Día 6	Día 8	Día 10
T ₀ A	0.30	0.31	0.43	0.47	0.43
T ₀ R	0.37	0.38	0.38	0.54	0.41
T ₁ A	0.36	0.31	0.41	0.54	0.48
T ₁ R	0.26	0.33	0.40	0.45	0.44
T ₂ A	0.35	0.40	0.36	0.61	0.53
T ₂ R	0.31	0.35	0.41	0.59	0.54
T ₃ A	0.35	0.42	0.51	0.58	0.52
T ₃ R	0.38	0.40	0.36	0.58	0.54

Análisis Microbiológico

Tabla B-9. Recuentos microbiológicos de aerobios mesófilos, *E. coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras (ufc/g)

Tratamiento	Día 2				Día 7				Día 10			
	A.M.	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	Moh y Lev	A.M.	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	Moh y Lev	A.M.	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	Moh y Lev
T ₀ A	3.7x10 ²	<10	Ausencia	<10	3.0x10 ²	<10	Ausencia	<10	4.0x10 ²	<10	Ausencia	0.3x10 ²
T ₀ R	1.1x10 ²	<10	Ausencia	<10	1.0x10 ²	<10	Ausencia	<10	2.6x10 ²	<10	Ausencia	<10
T ₁ A	<10	<10	Ausencia	0.2x10 ²	3.0x10 ²	<10	Ausencia	<10	3.2x10 ²	<10	Ausencia	0.2x10 ²
T ₁ R	0.1x10 ²	<10	Ausencia	<10	0.1x10 ²	<10	Ausencia	<10	0.1x10 ²	<10	Ausencia	<10
T ₂ A	<10	<10	Ausencia	<10	3.0x10 ²	<10	Ausencia	0.3x10 ²	3.3x10 ²	<10	Ausencia	0.3x10 ²
T ₂ R	0.2x10 ²	<10	Ausencia	<10	0.1x10 ²	<10	Ausencia	<10	0.3x10 ²	<10	Ausencia	<10
T ₃ A	5.3x10 ²	<10	Ausencia	0.5x10 ²	6.1x10 ²	<10	Ausencia	0.63x10 ²	8.0x10 ²	<10	Ausencia	0.4x10 ²
T ₃ R	<10	<10	Ausencia	<10	5.0x10 ²	<10	Ausencia	<10	2.6x10 ²	<10	Ausencia	<10

Análisis Sensorial

Tabla B-10. Resultados del análisis sensorial para el atributo Color

Réplicas	Tratamiento							
	T ₀ A	T ₀ R	T ₁ A	T ₁ R	T ₂ A	T ₂ R	T ₃ A	T ₃ R
1	5	4	5	4	5	4	5	4
2	5	4	5	3	4	5	5	4
3	5	4	4	3	5	5	5	4
4	5	4	3	4	5	4	4	4
5	5	4	5	4	5	4	5	4
6	5	4	5	4	5	4	5	4
7	5	4	5	4	4	4	3	5
8	5	4	5	4	4	4	3	5
9	5	5	4	4	5	4	5	4
10	5	4	5	4	5	4	5	4
11	5	4	5	3	5	4	5	4
12	5	4	5	4	5	4	5	4
13	5	4	5	4	5	4	5	4
14	5	4	5	3	5	3	5	4
15	5	3	5	4	5	4	5	5
16	5	4	5	4	5	4	5	4
17	5	4	5	4	5	4	5	4
18	5	4	5	4	5	4	5	4
19	5	4	4	3	5	4	4	3
20	5	4	5	4	5	4	5	4

Tabla B-11. Resultados del análisis sensorial para el atributo Olor

Réplicas	Tratamiento							
	T ₀ A	T ₀ R	T ₁ A	T ₁ R	T ₂ A	T ₂ R	T ₃ A	T ₃ R
1	3	3	4	4	4	3	3	3
2	4	4	4	4	3	5	4	3
3	4	5	3	5	4	3	4	3
4	3	3	5	4	3	4	3	4
5	3	3	4	5	5	5	3	3
6	4	3	3	4	3	3	4	3
7	5	2	5	4	4	4	2	5
8	5	3	4	4	3	4	4	3
9	4	4	5	4	5	5	4	5
10	5	4	4	5	5	5	4	5
11	5	3	3	5	4	3	3	3
12	3	3	3	5	3	3	3	3
13	4	2	5	4	3	4	2	4
14	5	3	4	4	3	3	4	3
15	4	3	3	5	4	4	4	3
16	3	4	3	5	3	4	3	3
17	5	2	4	3	4	3	3	4
18	4	3	4	5	3	4	3	3
19	4	4	3	4	3	5	2	3
20	3	3	4	4	3	3	3	3

Tabla B-12. Resultados del análisis sensorial para el atributo Sabor

Réplicas	Tratamiento							
	T ₀ A	T ₀ R	T ₁ A	T ₁ R	T ₂ A	T ₂ R	T ₃ A	T ₃ R
1	5	5	5	5	5	5	5	5
2	5	4	5	4	4	4	4	4
3	3	3	4	2	3	4	4	4
4	3	3	4	2	3	3	3	3
5	4	3	5	1	4	4	4	3
6	3	4	3	2	4	4	4	5
7	3	3	4	3	4	4	3	5
8	3	3	4	3	3	4	3	5
9	3	4	3	3	4	4	4	4
10	5	5	5	5	4	5	5	4
11	5	3	2	2	3	4	3	4
12	3	3	4	4	3	4	3	5
13	2	4	5	4	3	3	4	3
14	4	3	3	2	3	4	4	4
15	4	3	4	3	3	4	3	4
16	5	4	5	3	4	4	3	4
17	3	3	2	2	3	3	4	5
18	4	3	4	2	3	5	2	5
19	4	3	3	3	4	4	4	4
20	3	3	4	3	3	4	3	4

Tabla B-13. Resultados del análisis sensorial para el atributo Textura

Réplicas	Tratamiento							
	T ₀ A	T ₀ R	T ₁ A	T ₁ R	T ₂ A	T ₂ R	T ₃ A	T ₃ R
1	5	5	5	3	4	4	3	4
2	5	4	3	4	4	4	3	4
3	4	4	5	3	3	4	4	4
4	4	3	3	2	4	4	4	3
5	3	4	4	2	2	5	4	4
6	4	4	4	3	4	4	4	4
7	4	3	4	2	3	4	2	5
8	5	3	4	3	3	4	2	4
9	4	4	4	2	4	3	4	4
10	5	4	5	4	5	4	5	5
11	4	3	4	2	4	4	2	3
12	4	4	5	3	3	3	2	4
13	5	5	4	4	4	4	4	3
14	3	4	4	4	5	3	2	2
15	4	3	5	3	4	3	3	3
16	4	4	4	4	4	3	4	4
17	3	3	4	4	4	4	2	3
18	5	3	5	2	5	3	3	4
19	4	4	3	3	4	4	2	3
20	4	3	5	3	3	4	3	4

Tabla B-14. Resultados del análisis sensorial para la Aceptabilidad

Réplicas	Tratamiento							
	T ₀ A	T ₀ R	T ₁ A	T ₁ R	T ₂ A	T ₂ R	T ₃ A	T ₃ R
1	5	2	5	4	5	3	3	3
2	5	3	4	2	4	4	3	4
3	3	3	4	4	4	3	3	3
4	5	3	3	3	3	3	3	4
5	5	5	4	2	3	4	2	4
6	3	3	3	4	3	3	3	3
7	5	3	4	3	4	5	4	4
8	5	3	4	3	4	5	3	4
9	5	5	5	3	4	5	4	5
10	5	5	4	4	5	4	5	5
11	5	3	5	4	3	3	3	2
12	5	3	4	4	3	4	2	4
13	3	5	5	3	4	3	3	3
14	4	4	3	4	5	4	3	3
15	5	4	4	3	4	4	4	3
16	3	3	5	3	3	5	2	4
17	4	4	3	4	4	3	3	3
18	4	5	5	4	4	3	3	4
19	4	3	4	3	3	4	3	4
20	5	3	5	3	4	4	3	3

Anexo C. Análisis de Varianza de los datos experimentales físico-químicos y sensoriales

ANOVA Análisis Físico-químico

Tabla C-1. Análisis de Varianza para Pérdida de Peso (%) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	1.06208	1	1.06208	20.84	0.0001
B:Aceite esencial de clavo	1.6574	2	0.828702	16.26	0.0000
C:Tiempo de almacenamiento (días)	16.5733	3	5.52442	108.39	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0642375	2	0.0321187	0.63	0.5411
AC	0.463508	3	0.154503	3.03	0.0489
BC	0.684662	6	0.11411	2.24	0.0741
ABC	0.473329	6	0.0788882	1.55	0.2056
RESIDUOS	1.2232	24	0.0509667		
TOTAL (CORREGIDO)	22.2017	47			

Tabla C-2. Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de Peso (%) por Método de conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T°Ref.	24	1.90958	0.0460827	x
T°Amb.	24	2.20708	0.0460827	x

Tabla C-3. Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de Peso (%) por Aceite esencial de clavo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Aceite esencial de clavo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.15%	16	1.81125	0.0564395	x
AEC 0.05%	16	2.10438	0.0564395	x
AEC 0.10%	16	2.25937	0.0564395	x

Tabla C-4. Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida de Peso (%) por Tiempo de almacenamiento (días)

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo de almacenamiento (días)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	12	1.145	0.0651707	x
6	12	2.03	0.0651707	x
8	12	2.3025	0.0651707	x
10	12	2.75583	0.0651707	x

Tabla C-5. Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de Conservación	0.00130667	1	0.00130667	0.61	0.4393
B:Aceite Esencial de Clavo	0.0122133	2	0.00610667	2.87	0.0723
C:Tiempo de almacenamiento (días)	0.268757	4	0.0671892	31.59	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.00745333	2	0.00372667	1.75	0.1906
AC	0.00434333	4	0.00108583	0.51	0.7284
BC	0.0141033	8	0.00176292	0.83	0.5842
ABC	0.00539667	8	0.000674583	0.32	0.9532
RESIDUOS	0.0638	30	0.00212667		
TOTAL (CORREGIDO)	0.377373	59			

Tabla C-6. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Método de Conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de Conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T°Ref.	30	4.918	0.00841955	x
T°Amb.	30	4.92733	0.00841955	x

Tabla C-7. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Aceite Esencial de Clavo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Aceite Esencial de Clavo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.05%	20	4.908	0.0103118	x
AEC 0.15%	20	4.918	0.0103118	x
AEC 0.10%	20	4.942	0.0103118	x

Tabla C-8. Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Tiempo de almacenamiento (días)

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo de almacenamiento (días)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	12	4.83167	0.0133125	x
3	12	4.87083	0.0133125	xx
6	12	4.9175	0.0133125	x
8	12	4.98167	0.0133125	x
10	12	5.01167	0.0133125	x

Tabla C-9. Análisis de Varianza para °Brix - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	0.682667	1	0.682667	10.67	0.0027
B:Aceite esencial de clavo	0.0893333	2	0.0446667	0.70	0.5055
C:Tiempo de almacenamiento (días)	3.43333	4	0.858333	13.41	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.217333	2	0.108667	1.70	0.2002
AC	0.324	4	0.081	1.27	0.3053
BC	0.230667	8	0.0288333	0.45	0.8804
ABC	0.596	8	0.0745	1.16	0.3523
RESIDUOS	1.92	30	0.064		
TOTAL (CORREGIDO)	7.49333	59			

Tabla C-10. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Método de conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T°Ref.	30	4.22667	0.046188	X
T°Amb.	30	4.44	0.046188	X

Tabla C-11. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Aceite esencial de clavo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Aceite esencial de clavo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.10%	20	4.28	0.0565685	X
AEC 0.15%	20	4.35	0.0565685	X
AEC 0.05%	20	4.37	0.0565685	X

Tabla C-12. Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Tiempo de almacenamiento (días)

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo de almacenamiento (días)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	12	3.96667	0.0730297	X
3	12	4.25	0.0730297	XX
6	12	4.31667	0.0730297	X
8	12	4.43333	0.0730297	XX
10	12	4.7	0.0730297	X

Tabla C-13. Análisis de Varianza para % Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	0,01014	1	0,01014	3,47	0,0721
B:Aceite esencial de clavo	0,0487353	2	0,0243676	8,35	0,0013
C:Tiempo de almacenamiento (días)	0,425083	4	0,106271	36,42	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,0027793	2	0,00138965	0,48	0,6258
AC	0,00269417	4	0,000673542	0,23	0,9189
BC	0,0210159	8	0,00262698	0,90	0,5289
ABC	0,0354905	8	0,00443632	1,52	0,1920
RESIDUOS	0,087549	30	0,0029183		
TOTAL (CORREGIDO)	0,633488	59			

Tabla C-14. Pruebas de Múltiple Rangos para % Acidez por Método de conservación

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T°Ref.	30	0,4222	0,00986289	x
T°Amb.	30	0,4482	0,00986289	x

Tabla C-15. Pruebas de Múltiple Rangos para % Acidez por Aceite esencial de clavo

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Aceite esencial de clavo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.15%	20	0,3964	0,0120795	x
AEC 0.10%	20	0,44515	0,0120795	x
AEC 0.05%	20	0,46405	0,0120795	x

Tabla C-16. Pruebas de Múltiple Rangos para % Acidez por Tiempo de almacenamiento (días)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo de almacenamiento (días)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	12	0,333833	0,0155946	x
3	12	0,3685	0,0155946	xx
6	12	0,409417	0,0155946	x
10	12	0,507167	0,0155946	x
8	12	0,557083	0,0155946	x

ANOVA Análisis Sensorial

Tabla C-17. Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	28.9	1	28.9	151.48	0.0000
B:Tratamiento	1.4	3	0.466667	2.45	0.0661
INTERACCIONES					
AB	1.1	3	0.366667	1.92	0.1284
RESIDUOS	29.0	152	0.190789		
TOTAL (CORREGIDO)	60.4	159			

Tabla C-18. Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.15%	40	4.25	0.0690633	x
AEC 0.05%	40	4.4	0.0690633	x
AEC 0.10%	40	4.45	0.0690633	x
NaClO	40	4.5	0.0690633	x

Tabla C-19. Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Método de conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Ref.	80	3.975	0.0488351	x
Amb.	80	4.825	0.0488351	x

Tabla C-20. Análisis de Varianza para Olor - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	0.05625	1	0.05625	0.10	0.7506
B:Tratamiento	11.7188	3	3.90625	7.04	0.0002
INTERACCIONES					
AB	9.86875	3	3.28958	5.93	0.0008
RESIDUOS	84.35	152	0.554934		
TOTAL (CORREGIDO)	105.994	159			

Tabla C-21. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.05%	40	3.35	0.117785	X
NaClO	40	3.6	0.117785	X
AEC 0.10%	40	3.725	0.117785	XX
AEC 0.15%	40	4.1	0.117785	X

Tabla C-22. Pruebas de Múltiple Rangos para Olor por Método de conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Amb.	80	3.675	0.0832867	X
Ref.	80	3.7125	0.0832867	X

Tabla C-23. Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	7.65625	1	7.65625	11.91	0.0007
B:Tratamiento	8.61875	3	2.87292	4.47	0.0049
INTERACCIONES					
AB	6.06875	3	2.02292	3.15	0.0269
RESIDUOS	97.75	152	0.643092		
TOTAL (CORREGIDO)	120.094	159			

Tabla C-24. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.15%	40	3.45	0.126796	X
AEC 0.05%	40	3.55	0.126796	X
AEC 0.10%	40	3.575	0.126796	X
NaClO	40	4.05	0.126796	X

Tabla C-25. Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Método de conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Ref.	80	3.4375	0.0896585	X
Amb.	80	3.875	0.0896585	X

TablaC-26. Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de conservación	3.025	1	3.025	5.55	0.0198
B:Tratamiento	6.15	3	2.05	3.76	0.0122
INTERACCIONES					
AB	17.025	3	5.675	10.41	0.0000
RESIDUOS	82.9	152	0.545395		
TOTAL (CORREGIDO)	109.1	159			

Tabla C-27. Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.05%	40	3.4	0.116768	X
AEC 0.15%	40	3.6	0.116768	XX
AEC 0.10%	40	3.775	0.116768	XX
NaClO	40	3.925	0.116768	X

Tabla C-28. Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Método de conservación

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Ref.	80	3.5375	0.0825678	X
Amb.	80	3.8125	0.0825678	X

Tabla C-29. Análisis de Varianza para Aceptabilidad - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Método de Conservación	3.025	1	3.025	5.13	0.0250
B:Tratamiento	8.9	3	2.96667	5.03	0.0024
INTERACCIONES					
AB	12.275	3	4.09167	6.93	0.0002
RESIDUOS	89.7	152	0.590132		
TOTAL (CORREGIDO)	113.9	159			

Tabla C-30. Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

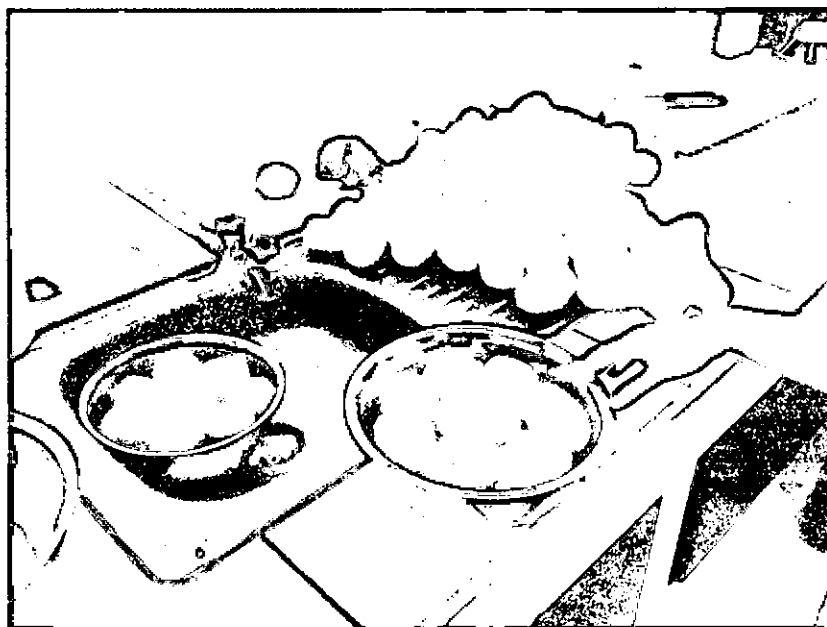
<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AEC 0.05%	40	3.35	0.121463	x
AEC 0.15%	40	3.75	0.121463	xx
AEC 0.10%	40	3.8	0.121463	x
NaClO	40	4.0	0.121463	x

Tabla C-31. Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad por Método de Conservación

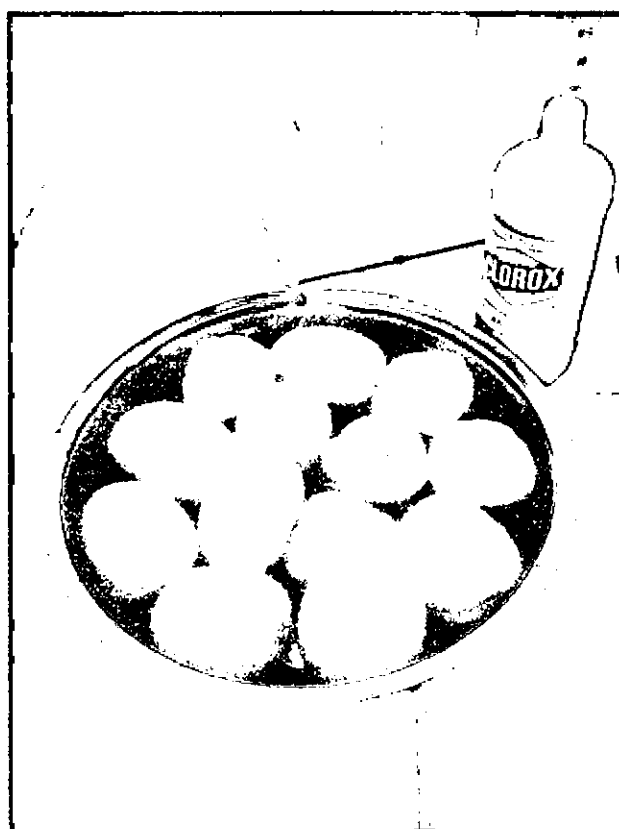
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Método de Conservación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Ref.	80	3.5875	0.0858874	x
Amb.	80	3.8625	0.0858874	x

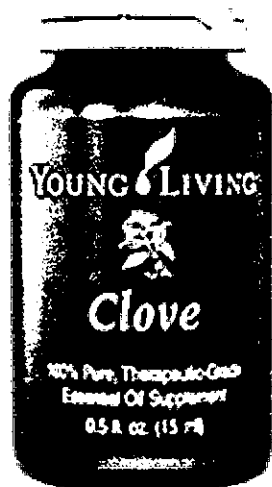
Anexo D. Fotografías



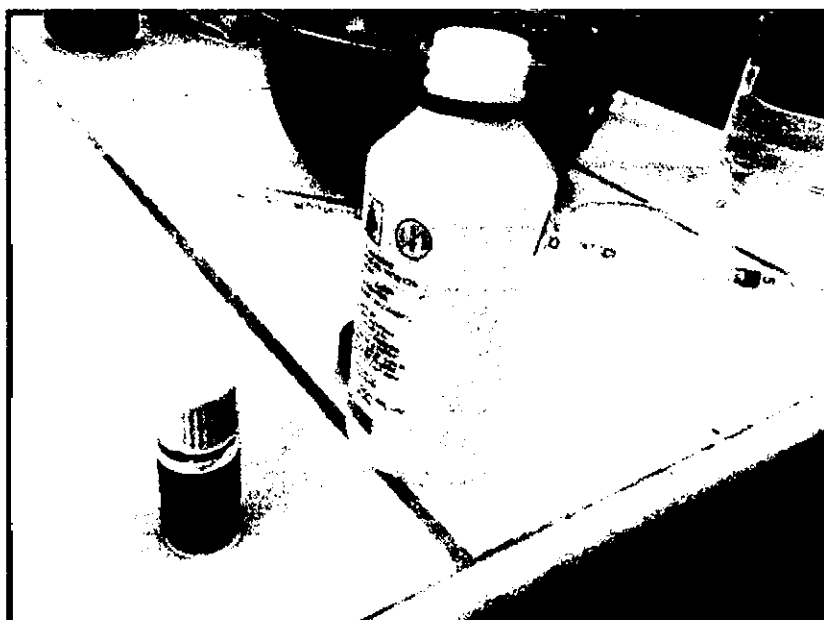
Fotografía D-1. Lavado de las muestras



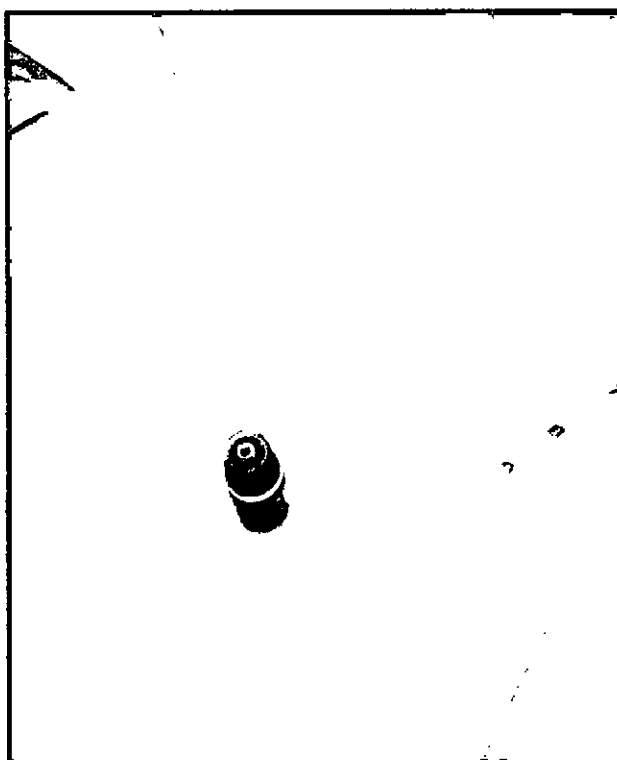
Fotografía D-2. Desinfección de las muestras



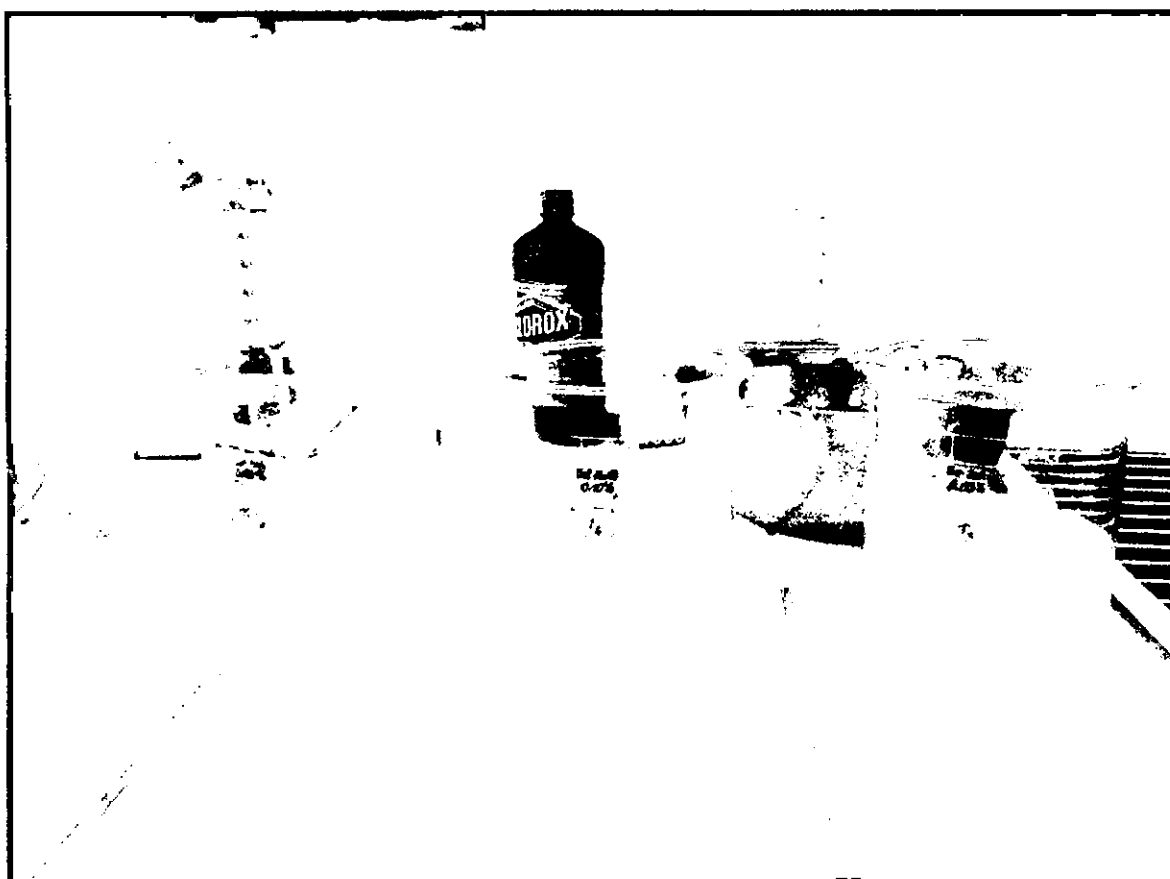
Fotografía D-3. Presentación del aceite esencial de clavo



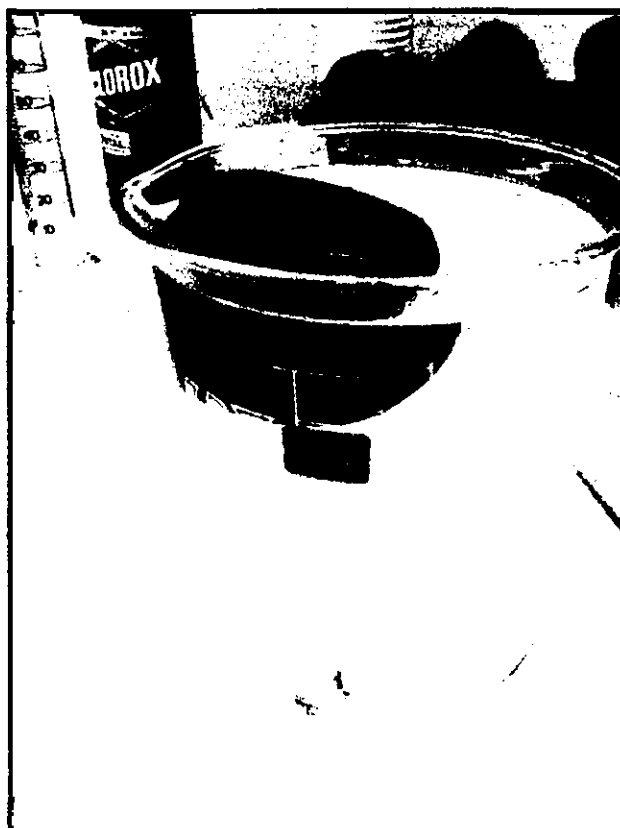
Fotografía D-4. Aceite esencial de clavo y alcohol



Fotografía D-5. Medición del volumen de aceite esencial a usar



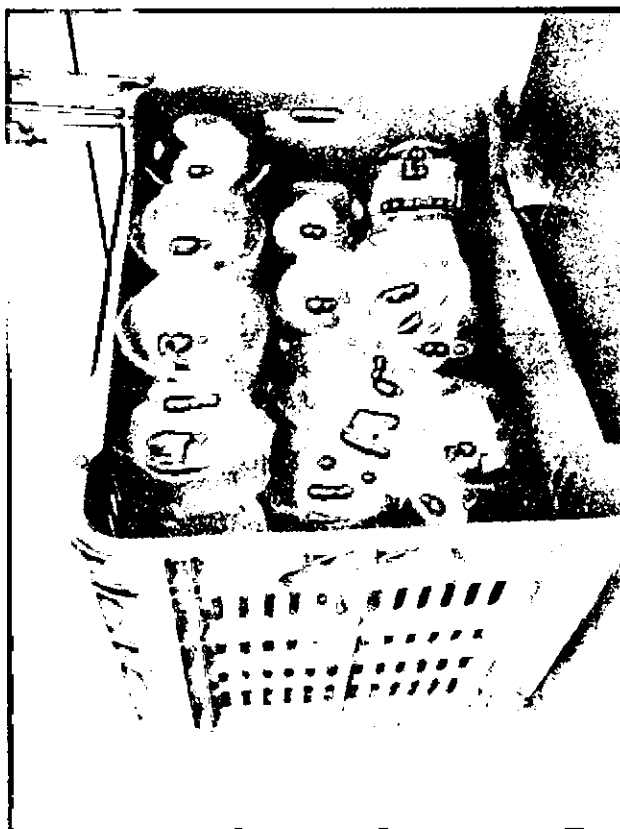
Fotografía D-6. Soluciones antimicrobianas de aceite esencial de clavo



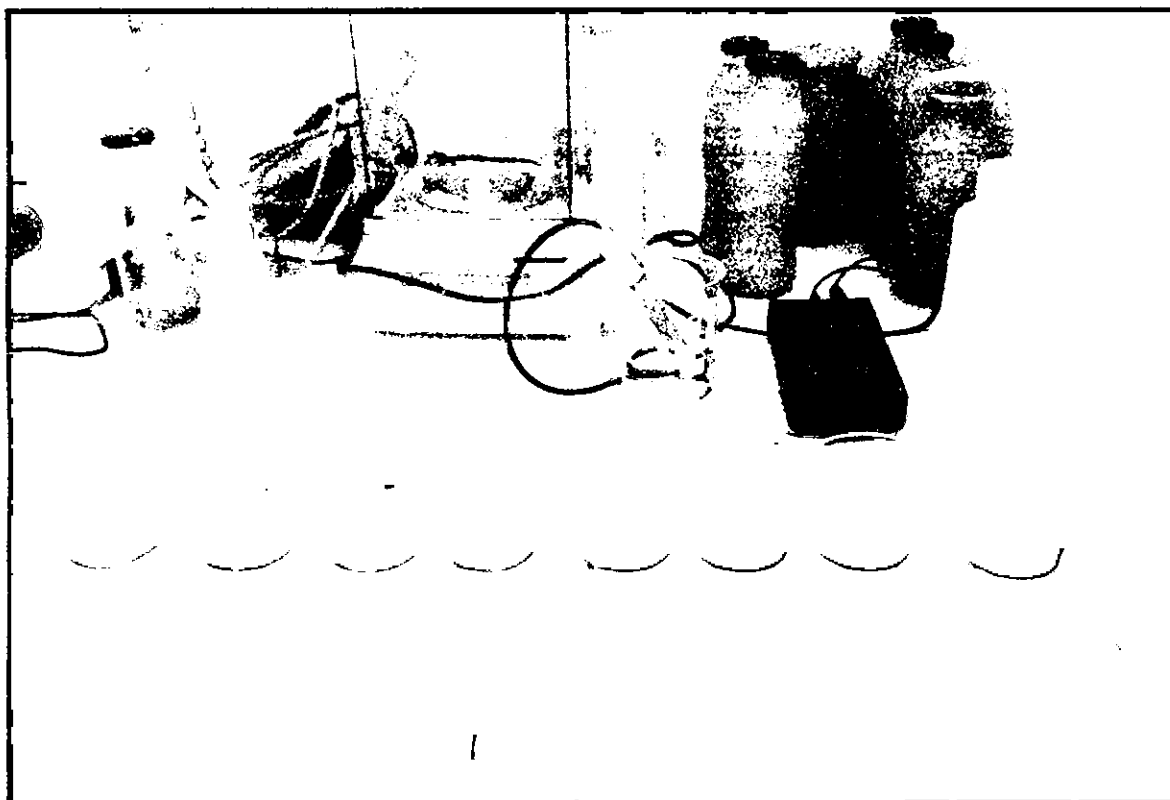
Fotografía D-7. Aplicación de los tratamientos antimicrobianos a los tomates



Fotografía D-8. Almacenamiento de las muestras al ambiente



Fotografía D-9. Almacenamiento de las muestras en refrigeración



Fotografía D-10. Jugo de tomate listo para la medición de pH, °Brix y acidez



Fotografía D-11. Tonalidad de los tomates en refrigeración y al ambiente



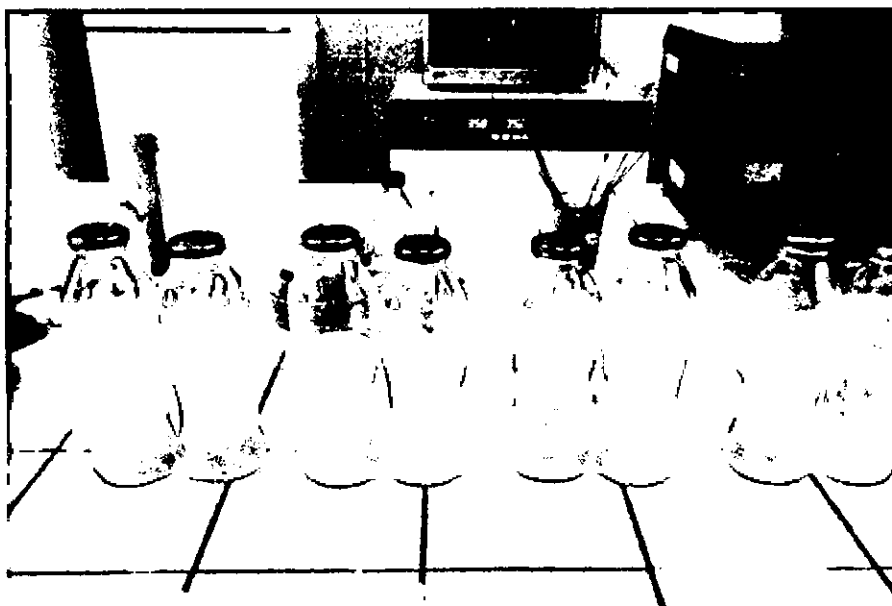
Fotografía D-12. Preparación de las muestras para el análisis microbiológico



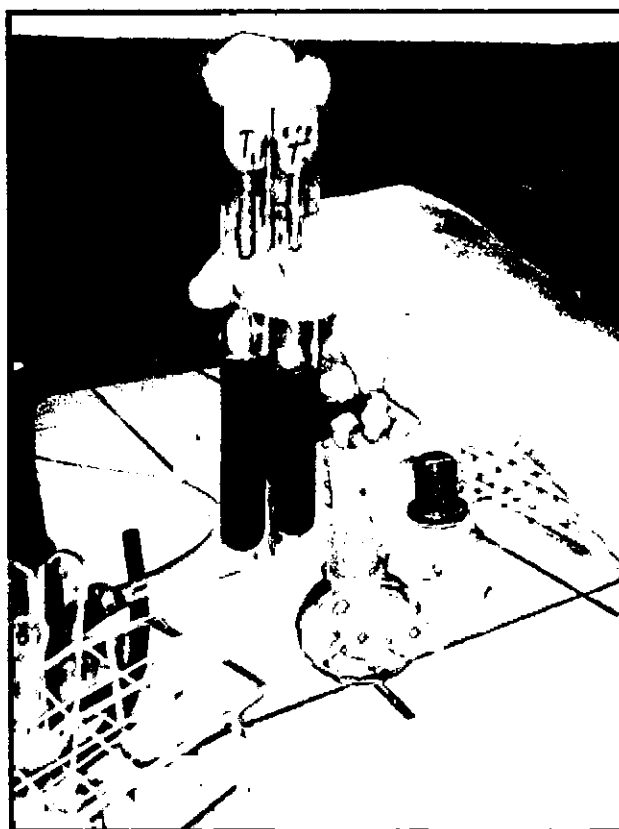
Fotografía D-13. Contaminación por aerobios mesófilos en muestra T₃A



Fotografía D-14. Tubos con caldo lauril sulfato para la detección de *E. coli*



Fotografía D-15. Preenriquecimiento de la muestra en caldo casoy para la detección de *Salmonella*



Fotografía D-16. Tubos con caldo rappaaport



Fotografía D-17. Aplicación del análisis sensorial



Fotografía D-18. Llenado de la hoja de catación



Fotografía D-19. Presencia de contaminación en muestras T₃A